

LUIZ CLÁUDIO FOSSATI

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL E DA
PRODUTIVIDADE DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*
St. Hil.), EM FUNÇÃO DO SÍTIO E DA DIOICIA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração Silvicultura, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de "Mestre em Ciências Florestais".

Orientador: Prof. Carlos Bruno Reissmann

CURITIBA
1997



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

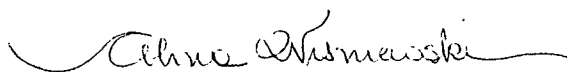
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **LUIZ CLAUDIO FOSSATI**, sob o título “**AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL E DA PRODUTIVIDADE DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), EM FUNÇÃO DO SÍTIO E DA DIOICIA**”, para obtenção do grau de **Mestre** em Ciências Florestais, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **SILVICULTURA**

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação, com média final: (9,5), correspondente ao conceito: (A).

Curitiba, 21 DE MARÇO DE 1997



Profa. Dra. Daniela Biondi
Primeira Examinadora
UFPR



Profa. Dra. Celina Wisniewski
Segunda Examinadora
UFPR



Prof. Dr. Arthur Santos Filho
Orientador e Presidente da Banca
UFPR

Aos meus pais, Pompeu e Ilze,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À EPAGRI S.A.- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, pela oportunidade e licença concedidas para a realização deste curso.

À CIDASC - Cia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de SC, empresa que ainda continuo vinculado, pela manutenção e assiduidade do pagamento dos salários durante a realização do curso.

À UFPR - Universidade Federal do Paraná por ter possibilitado a participação no Curso de Pós-Graduação e ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal pela excelente acolhida.

Ao convênio PICDT/CAPES/ACAFE pela concessão de bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann pela orientação, sugestões e amizade.

Ao Sr. Antônio Galkowski pela autorização do uso da área onde foram realizadas as coletas de dados e pela sua receptividade e atenção.

Ao Prof. Dr. Arthur do Santos Filho pela co-orientação, sugestões e amizade.

A UnC - Universidade do Contestado, Campus Canoinhas, pelo apoio e auxílio prestados.

Aos Profs. colegas Rui Branco e Laerte Bonetes pela amizade e auxílio prestados nas mais diversas fases deste trabalho.

Ao Engº Agrº Atsuo Suzuki, responsável pelo Laboratório de Nutrição Vegetal da EPAGRI (Caçador-SC) e funcionários pelas análises e atenção demonstrados.

À minha esposa Lúcia, minha filha Cláudia e meu filho Luciano pela compreensão e carinho com que acompanharam a realização deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente participaram e que com uma palavra, olhar ou gesto demonstraram seu apoio e amizade.

BIOGRAFIA DO AUTOR

LUIZ CLÁUDIO FOSSATI, nasceu em São Pedro do Sul, estado do Rio Grande do Sul, no dia 07 de agosto de 1962.

Em 1980 iniciou o Curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Santa Maria - RS, graduando-se em 1984.

Atuou como autônomo, prestando consultoria florestal entre 1985 e 1986.

Em 1986 ingressou na CIDASC - Cia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de SC (empresa vinculada a Secretaria de Estado da Agricultura), desempenhando até meados de 1987, a administração do Parque Florestal do Rio Vermelho em Florianópolis; e desta data até 1991 desempenhou a função de responsável regional pelo Programa de Produção e Plantio de Mudanças Florestais em Mafra-SC.

É pesquisador da EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (vinculada à Secretaria de Estado da Agricultura), no Programa Estadual de Geração e Difusão de Tecnologia de Essências Florestais, lotado na Estação Experimental de Canoinhas, desde 1992. Atua também, desde 1994, como professor de Silvicultura I e Silvicultura II no curso de Engenharia Florestal da Universidade do Contestado, Campus Canoinhas.

Em março de 1993, iniciou na Universidade Federal do Paraná, o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, em nível de mestrado na área de concentração Silvicultura.

SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	ix
<u>LISTA DE TABELAS</u>	x
<u>RESUMO</u>	xii
<u>ABSTRACT</u>	xiii
<u>1 INTRODUÇÃO</u>	1
<u>2 REVISÃO DE LITERATURA</u>	3
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE	3
2.1.1 SISTEMÁTICA	3
2.1.2 DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	4
2.1.3 ASPECTOS REPRODUTIVOS	5
2.1.4 ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO NATURAL	5
2.1.5 ASPECTOS EDAFO-CLIMÁTICOS	6
2.1.6 FITOSSOCIOLOGIA	8
2.1.7 ASPECTOS SILVICULTURAIS	8
2.1.8 PRAGAS E DOENÇAS	9
2.1.9 PRODUTOS E PRODUÇÃO	10
2.2 NUTRIÇÃO DOS ERVAIS	12
2.2.1 SOLOS PARA ERVA-MATE	12
2.2.2 ADUBAÇÃO DE ERVA-MATE	14
2.2.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DE ERVA-MATE	18
2.3 AVALIAÇÃO NUTRICIONAL	22
2.3.1 ANÁLISE FOLIAR	22
2.3.2 ANÁLISE DE SOLOS	24

2.3.3 INTERPRETAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL	25
2.4 AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE	29
2.4.1 PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE	29
2.4.2 FATOR SÍTIO	30
2.4.3 FATOR DIOICIA	32
2.5 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA	33
3 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	35
3.2 DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES DE ESTUDO	37
3.2.1 SÍTIOS AMOSTRAIS	37
3.2.2 DIVISÃO QUANTO A DIOICIA	38
3.3 ANÁLISES FOLIARES	39
3.3.1 AMOSTRAGEM	39
3.3.2 ANÁLISES QUÍMICAS	40
3.4 ANÁLISES DE SOLO	40
3.4.1 AMOSTRAGEM	40
3.4.2 ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS	41
3.4.3 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	42
3.5 ANÁLISES DA PRODUTIVIDADE	42
3.5.1 AMOSTRAGEM	42
3.5.2 VARIÁVEIS	43
3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	46
3.6.1 ANÁLISES DE VARIÂNCIA	46
3.6.2 ANÁLISES DE CORRELAÇÃO SIMPLES	46
3.6.3 ANÁLISES DE REGRESSÃO MÚLTIPLAS	46

3.6.4 TESTE "t" PARA AMOSTRAS INDEPENDENTES	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 SOLOS	48
4.1. RESULTADOS ANALÍTICOS E CLASSIFICAÇÃO DOS PERFIS	48
4.1.2 ANÁLISE DA FERTILIDADE	50
4.1.3 CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO	55
4.2 TECIDOS FOLIARES	56
4.2.1 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES	56
4.2.2 CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES	63
4.2.3 CORRELAÇÕES DE VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES COM VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO	64
4.3 PRODUTIVIDADE	67
4.3.1 ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE	67
4.3.2 CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE	70
4.3.3 CORRELAÇÕES DAS VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE COM AS VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO	72
4.3.4 CORRELAÇÕES DE VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE COM VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES	75
4.3.5 ANÁLISES DE REGRESSÃO MÚLTIPLA	79
4.4 ESTADO NUTRICIONAL X DIOICIA	82
4.4.1 DIFERENÇAS NUTRICIONAIS ENTRE OS SEXOS	82
4.4.2 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES NOS SÍTIOS PARA DIOICIA	86
5 CONCLUSÕES	89
<u>ANEXOS</u>	91
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	105

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO NATURAL DA ERVA-MATE (<i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil.)	7
2. CROQUIS DE CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	36
3. DISPOSIÇÃO HORIZONTAL DOS SÍTIOS AMOSTRAIS NA ÁREA DE ESTUDO	37
4. PERFIL ESQUEMÁTICO REPRESENTATIVO DOS SÍTIOS AMOSTRAIS NA ÁREA DE ESTUDO	38

LISTA DE TABELAS

	Página
1. TESTE DE MÉDIAS DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO, EM FUNÇÃO DO SÍTIO DO PLANTIO DE ERVA-MATE, 7 ANOS, S. BENTO SUL (SC)	51
2. MATRIZ DE CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS QUÍMICAS DE FERTILIDADE DO SOLO, DO POVOAMENTO DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC)	55
3. TESTE DE MÉDIAS DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES EM FUNÇÃO DO SÍTIO, DO PLANTIO DE ERVA-MATE, 7 ANOS, S. BENTO SUL (SC)	57
4. MATRIZ DE CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC)	63
5. MATRIZ DE CORRELAÇÕES DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES COM AS VARIÁVEIS QUÍMICAS DE FERTILIDADE DO SOLO DE ERVA-MATE AOS 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC)	65
6. COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC)	68
7. MATRIZ DE CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE DO PLANTIO DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM S. BENTO SUL (SC)	71
8. MATRIZ DE CORRELAÇÕES DE VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE, COM VARIÁVEIS QUÍMICAS DE FERTILIDADE DO SOLO DO PLANTIO DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC)	72
9. MATRIZ DE CORRELAÇÕES DE VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE, COM VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC)	75

10. MODELOS AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE OBTIDOS PELO MÉTODO STEPWISE USANDO AS VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO	79
11. MODELOS AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE OBTIDOS PELO MÉTODO STEPWISE USANDO AS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES	80
12. MODELOS AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE OBTIDOS PELO MÉTODO STEPWISE USANDO AS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES E QUÍMICAS DO SOLO	81
13. RESULTADOS DO TESTE “T” PARA COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE ELEMENTOS QUÍMICOS FOLIARES DE ERVEIRAS MASCULINAS E FEMININAS AOS 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC)	83
14. COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES DE ERVA-MATE MASCULINAS E FEMININAS, EM FUNÇÃO DO SÍTIO PARA DIOICIA	86

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo, analisar os níveis foliares de bioelementos e alumínio na erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), em função do sítio com relação aos dados de produtividade do erval; identificar possíveis problemas nutricionais com base na análise foliar comparada à análise de solos e da produtividade e; verificar as diferenças de níveis foliares dos bioelementos e alumínio em função do sexo. O levantamento foi realizado em um povoamento homogêneo de erva-mate aos sete anos de idade em São Bento do Sul (SC). Foi escolhida uma toposequência representativa, ao longo da qual foram alocados dez sítios amostrais, divididos em cinco parcelas de cinco árvores cada. Outras quatro unidades na mesma toposequência, foram alocadas com cinco grupos de quatro erveiras femininas e o mesmo de masculinas para cada unidade. A partir de agosto de 1994 foram coletadas as amostras foliares, de solo e dados de produtividade. Em fevereiro de 1995 foram coletadas as amostras foliares das demais erveiras por sexo. As folhas foram submetidas a análise química foliar e as amostras de solo à análise química da porção superficial. Para todas as variáveis foram realizadas análise de variância e teste de médias. Foram estabelecidas correlações lineares simples e múltiplas das variáveis químicas do solo, da composição química foliar com relação as variáveis de produtividade e entre si e a verificação das diferenças entre os sexos foi feita pelo teste t para amostras independentes. Observou-se que o estado nutricional do povoamento foi considerado bom com relação aos níveis de K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e B, médio a baixo para N, muito baixo para P e muito elevado para Mn e Al. Os níveis de K foliar foram os únicos que não apresentaram diferenças entre os sítios. Os teores de N foliar apresentaram tendência de diminuir de cima para baixo na pendente, enquanto Ca e Mg aumentaram sutilmente na mesma direção, tendência mais evidente para os teores de Fe, Zn e B. Os demais não se distribuíram relacionados a toposequência. A altura total, altura da copa e área de projeção da copa diminuíram de cima para baixo na toposequência. Embora tenham apresentado diferenças entre os sítios, não se pode associar o incremento do diâmetro da copa, diâmetro da base do tronco, densidade de copa e grau de ataque de lagartas com a localização na toposequência. O peso da massa verde, peso da massa seca e área foliar apresentaram pequena tendência de diminuição de baixo para cima no gradiente topográfico. A medida que diminuíram os valores de pH e saturação por bases do solo, aumentaram a altura total, altura da copa e área de projeção da copa. A mesma relação foi observada entre Ca, Mg e Mn do solo com altura total e da copa. A altura total, altura da copa e área de projeção de copa foram diretamente proporcionais aos níveis de Al trocável e acidez potencial do solo. A altura total e da copa à saturação por alumínio e área de projeção de copa ao P do solo. O N foliar correlacionou-se positivamente com parâmetros de produtividade, coincidindo à sua função na planta e com os baixos níveis de N nos sítios de menor altura total e da copa. Não existe relação do Al foliar com o parâmetros de produtividade das erveiras, apenas demonstrando a alta tolerância da espécie ao acúmulo de alumínio nas folhas. Os baixos teores de P foliar não influenciaram as variáveis de produtividade e como não foram constatados sintomas de deficiência, acredita-se que trate-se de característica da espécie, ao mesmo tempo que reflete o tipo de solo onde a planta desenvolve-se predominantemente. Acredita-se que há diferentes requerimentos nutricionais para erveiras masculinas e femininas. As masculinas apresentaram maiores teores de Cu, enquanto as femininas, maiores teores de B e não foram constatadas diferenças entre os sexos para N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Al.

ABSTRACT

This research aims were: to analyse the foliar levels of bioelements and aluminium in *Ilex paraguariensis* St. Hil., according to the site quality and productivity; to identify possible nutrition problems based on the foliar analysis, compared to the soil analysis and productivity; and to verify the foliar level differences of bioelements and aluminium according to the sex. The survey was made in a seven-year-old homogeneous stand of *Ilex paraguariensis* in São Bento do Sul (SC). A representative topographic sequence was selected along to which ten sample sites were allocated, divided in five groups of *Ilex paraguariensis* trees each group. Four other groups of the same topographic sequence were allocated with five groups of four female trees and the same number of male trees for each unit. Foliar and soil samples and productivity dates were collected from August, 1994 on. Foliar samples from male and female trees were collected in February, 1995. The leaves were submitted to foliar chemical analysis and soil surface samples (0 - 20 cm) were submitted to chemical analysis. Results were analyzed statistically by analysis of variance and Tukey's test was applied to make comparisons among the means. Simple and multiple linear correlations of the soil and foliar chemical variables in relation to the productivity variables and among themselves and the verification on sex differences was made by the test t for independent samples. The nutritional state of the stand was considered good, taking into account the K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and B levels, ranging from low to medium for N, very low for P and very high for Mn and Al. The foliar K levels were the only ones which did not present any differences among the sites. The foliar N level tended be reduced along the slope, while Ca and Mg increased slightly to the same direction. Most evident tendency for Fe, Zn, and B levels. The other bioelements related to the topographic sequence weren't distributed. The total height, crown height and the crown projection area decreased top-down in the topographic sequence. Although the crown diameter, base trunk diameter, the crown density and the degree of caterpillar attack had presented differences among the sites, these increments can't be associated with its location on the topographic sequence. The rates of the green and dry weight and the foliar area presented a small tendency to lessen from the bottom to the top along the topographic sequence. While the pH rates and the percentage base saturation decreased, the total height, crown height and the crown projection area increased. The same relation was observed among soil Ca, Mg and Mn with total height and crown height. The total height, crown height and crown projection area were proportional to the Al levels exchangeable and potential soil acidity. The total height and crown height were proportional to the saturation by aluminium while the crown projection area proportional to the soil P. The foliar N was positively correlated with the productivity parameters, coinciding with its function in the plant and with the low N levels in the sites with smaller crown and total height. There is no relation between the foliar Al and the productivity parameters of the trees. It was only demonstrated that there is a high toleration of the specie to the accumulation of aluminium in its leaves. The low foliar P levels did not influence the productivity variables and as deficiency symptoms were not verified, it is believed that it is the specie characteristic, at the same time, it reflects the type of soil where the plant predominantly develops. It is also believed that there are different nutritional requirements for the male and female trees, because the male ones presented higher levels of Cu and female ones presented higher levels of B. There were no differences verified between the sexes for N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Al.

1 INTRODUÇÃO

As atuais bases do manejo silvicultural da erva-mate, utilizam técnicas que desconsideram a sustentabilidade da produção, herdadas de práticas adotadas desde os primórdios de sua exploração e, até hoje, a maioria do produto fornecido a indústria, ainda provém de mananciais nativos.

Com a crescente degradação dos povoamentos naturais, em função de desmatamentos para expansão da agricultura, do próprio equívoco na extração e da revalorização do produto, surgiu a necessidade do plantio regular da espécie para atender ao mercado. O aumento das áreas cultivadas trouxe a preocupação com o incremento de produtividade e qualidade do produto. Neste contexto, observa-se uma desordenada evolução de tecnologias, validadas de maneira temporal ou regional.

A fertilização de ervais não possui critérios definidos, baseia-se na tradição, nas recomendações tentativas e algumas vezes na interpretação da análise de solos. Os resultados tem sido irregulares, apresentando sucessos questionáveis, devido a inexistência de parâmetros para comparação. A eficácia da adubação, deve basear-se não só na fertilidade do solo, mas principalmente nos teores de nutrientes contidos nos tecidos da planta em relação aos exigidos pela espécie para proporcionar resultados positivos. O estudo destes requisitos, passa pela avaliação nutricional da espécie, onde a análise foliar comparada a análise de solos de diferentes sítios, considerando-se o sexo, as correlações destes com o crescimento e as interpretações resultantes, constituem metodologia capaz de caracterizar seu estado, possibilitando detectar possíveis problemas de nutrição e fundamentar a adubação de erva-mate.

As exigências e tolerâncias quanto aos solos para erva-mate, são pouco conhecidas, assim como as variações de crescimento são visíveis, com a produtividade variando significativamente conforme o local onde se desenvolvem os plantios, além da variabilidade genética natural. As diferentes espécies vegetais, por sua vez, também variam consideravelmente em requisitos de nutrientes, adaptando-se muitas vezes à disponibilidade destes no meio. As pesquisas experimentais neste sentido tem sido realizadas aprofundadamente com várias espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*, havendo poucos dados disponíveis a respeito de árvores nativas de valor econômico como a erva-mate.

Portanto, os objetivos do presente trabalho foram:

- a) AVALIAR os níveis foliares de macro e micronutrientes na erva-mate em função do sítio, em relação aos dados de produtividade do erval;
- b) IDENTIFICAR possíveis problemas nutricionais da erva-mate, com base na análise de tecidos comparada a interpretação dos resultados da análise de solos e da produtividade;
- c) VERIFICAR as diferenças de níveis foliares de macro e micronutrientes na erva-mate, em função do sexo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

2.1.1 SISTEMÁTICA

Divisão: Angiospermae.

Classe: Dicotyledoneae.

Sub-Classe: Archichlamydeae.

Ordem: Celastrales.

Família: Aquifoliaceae.

Gênero: *Ilex*.

Nome Científico: *Ilex paraguariensis* A. Saint Hilaire (1822).

Nomes Populares: erva-mate, erva, mate, congonha, caá, congoim, congonha, caaguaçu, erva-piriquita, congonha-grande, orelha-de-burro.

As aquifoliáceas são fundamentalmente tropicais mas também encontradas em zonas temperadas. Geralmente são bem distribuídas nestas duas zonas, com exceção dos desertos e do oeste dos Estados Unidos. O centro de dispersão na América do Sul situa-se entre o Rio da Prata e os Andes do norte da Argentina até o sudeste da Colômbia. No Brasil, só ocorre o gênero *Ilex*, que segue a mesma distribuição de sua família (EDWIN & REITZ, 1967). Segundo BONNER (1974), o gênero *Ilex* possui cerca de 300 espécies e ao redor de 20 são nativas da parte leste da América do Norte, a maioria ornamentais e bons alimentos para animais selvagens. MARTINS (1925), calculou que 60 espécies de *Ilex* ocorrem no Brasil.

Segundo GIBERTI (1995 a) baseado em LOESENER (1942), considera-se altamente provável a existência de 600 espécies de *Ilex* em todo globo. Apenas 3 ocorrem na Europa, mais de 200 na China e um número igual na América Central e do Sul. Contando com os dados do *Index Kewensis* e vários outros trabalhos mais recentes, totalizou-se preliminarmente 705

espécies de *Ilex* em todo mundo, 318 nas tres Américas e Caribe, e especificamente 218 na América do Sul, estimando-se 68 espécies no Brasil, onde desponta *Ilex paraguariensis* como um representante de interesse econômico significativo.

MATTOS (1985) fez minuciosa revisão taxonômica de *Ilex paraguariensis*, apresentando a evolução da nomenclatura da espécie e observou dificuldades do ponto de vista da sistemática, por ser uma planta polimorfa, levando os menos familiarizados a atribuírem novas espécies, variedades ou formas às diferenças de um exemplar para outro. Estas diferenças, normalmente relacionadas ao tamanho e consistência das folhas, hoje são atribuídas as variações ecológicas, à própria peculiaridade da espécie ou a uma reação da planta aos cortes sucessivos na exploração.

2.1.2 DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A erva-mate é uma arvoreta até árvore de 10 a 15 metros de altura, tronco reto, curto, de 20 a 40 cm de diâmetro. Ramificações racemosas, copa alongada, densifolia, verde escura. Folhas alternas, simples, geralmente estipuladas, subcoriáceas até coriáceas e glabras. Limbo obovado até largamente abovado, bordos irregularmente serreado-crenados medindo 5 a 8 cm de comprimento por 3 a 4 cm de largura. Pecíolo curto de 7 a 15 mm de comprimento. Inflorescências fasciculadas, nascidas sobre lenho velho de rebentos florais axilares nas folhas. Flores masculinas 5,5 - 7,0 mm de diâmetro, dispostas como as femininas ou às vezes pedunculadas, pétalas 2,5 mm de comprimento por 1,5 - 2,2 mm de largura; estames pouco mais curtos até iguais as pétalas no comprimento; anteras mais curtas que os filamentos cilíndricos engrossados. No pistilódio falta o estigma. As flores femininas quanto ao tamanho e perianto são como as masculinas; estaminódios mais curtos que os pétalos, anteras estéreis; ovário ovóide e estigma semidistinto descendo da parte superior (REITZ *et al*, 1979). Fruto drupóide, tetralocular, tetraspérmico; mesocarpo carnoso; endocarpo ósseo-lenhoso

envolvendo a semente. Globoso, superfície lisa lustrosa e roxa, quase preta quando maduro. Frutificação abundante, disseminação ornitócora. No endocarpo (fruto-semente), está aderida internamente a semente propriamente, tegumento membranáceo, castanho claro, forma variável, endosperma carnosos; embrião minúsculo apical e rudimentar (KUNIYOSHI, 1983).

2.1.3 ASPECTOS REPRODUTIVOS

Em relação ao comportamento das flores, a erva-mate é dióica, embora se encontrem estames e pistilos em todas as flores. Os estames não funcionam nas flores femininas, enquanto nas masculinas o pistilo se deprime e aborta, tendo como única forma de reprodução a fecundação cruzada (FERREIRA FILHO, 1957).

FERREIRA *et al* (1983), estudando a erva-mate, encontraram uma proporção de sexo de sete indivíduos masculinos para cinco do sexo feminino e que os insetos, principalmente as abelhas, tem o papel mais importante na polinização, podendo haver alguma influência do vento. ZANON (1988) afirma que quando se desejar aumentar a produção de sementes, deve-se observar a manutenção da proporção de três erva-mates femininas para uma erva-mate masculina.

A erva-mate floresce de setembro até dezembro, com período predominante em outubro. Os frutos estão maduros de dezembro até março (REITZ *et al*, 1979). Os frutos maduros apresentam coloração violeta-escura. A heterogeneidade da maturação dificulta a colheita, que varia dentro do mesmo indivíduo, entre anos de colheita e entre condições ambientais (ZANON, 1988).

2.1.4 ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO NATURAL

A área abrange aproximadamente 540.000 Km² (3% da América do Sul), distribuídos pelo Brasil, Argentina e Paraguai, entre as latitudes 21° S e 30° S e longitudes de 48° 30' W e

56° 10' W. Altitudes predominantes entre 500 e 1500 m, podendo ocorrer em outros pontos isolados (Figura 1). No Brasil são 450.000 Km² (5% do país), abrangendo a região centro-norte do Rio Grande do Sul e quase toda Santa Catarina, com exceção do litoral e bacia do rio Uruguai. No Paraná avança pela região centro-sul, estendendo-se a nordeste para o estado de São Paulo, limitando-se a pequena zona na região sudeste. A oeste do Paraná, segue em direção ao sul do Mato Grosso do Sul, abrangendo parte da Província de Misiones (Argentina), e a parte oriental do Paraguai na região da Serra de Amambay-Mbaracayú. Pequenas manchas que acompanham a *Araucaria angustifolia* são encontradas na região de Campos do Jordão, a leste de São Paulo, região sudeste de Minas Gerais e sul do Rio Grande do Sul. Em toda esta região, é ausente nos campos naturais, com exceção dos pontos de contato destes com matas nativas anteriormente existentes (OLIVEIRA & ROTTA, 1985). ARANDA (1986), concorda com a região de ocorrência da erva-mate e acrescenta uma área maior de possível dispersão da planta. GIBERTI (1995 b), fez uma recente reflexão sobre a determinação precisa da área de distribuição natural da erva-mate, confirmando os mapas apresentados por OLIVEIRA & ROTTA (1985).

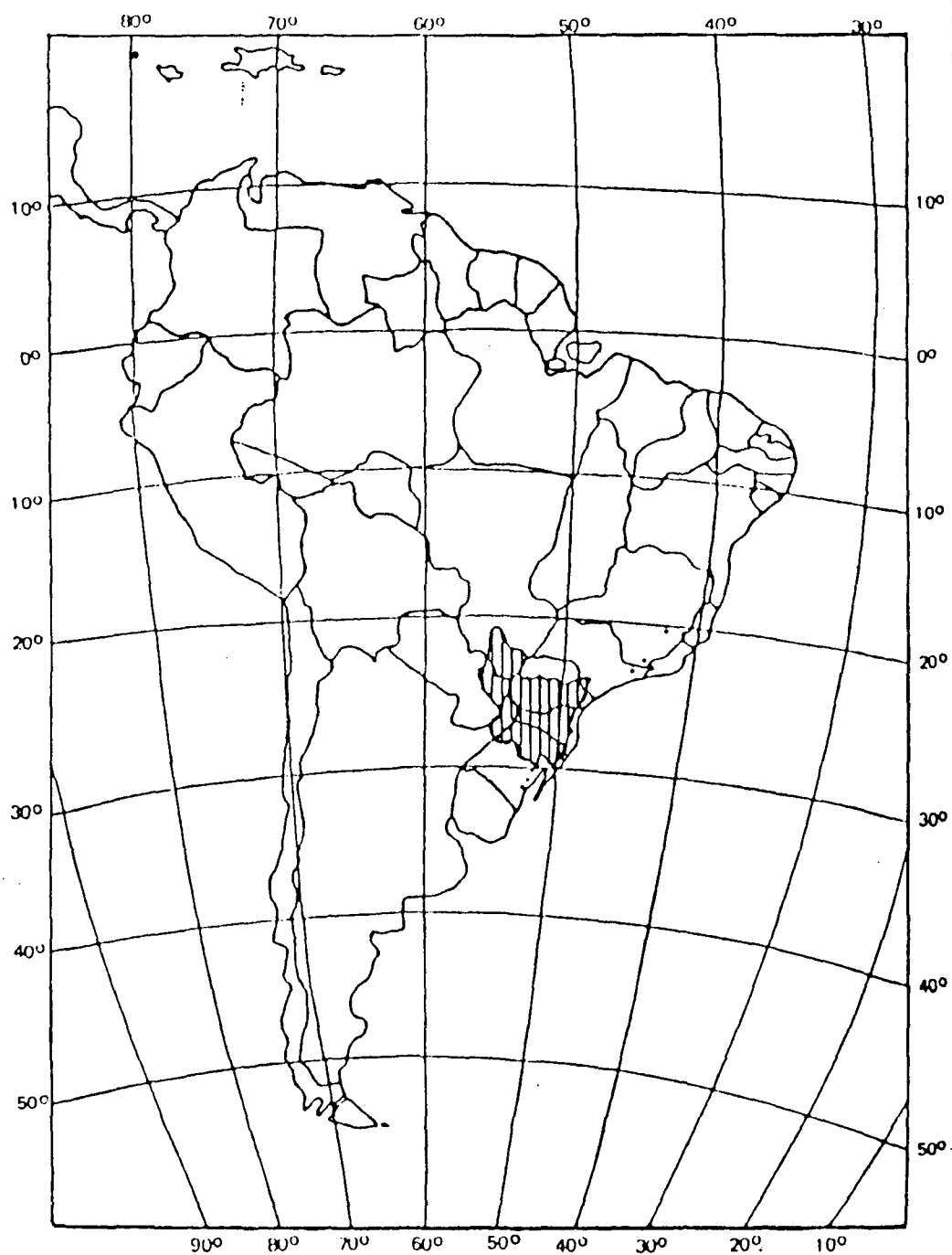
2.1.5 ASPECTOS EDAFO-CLIMÁTICOS

A distribuição da erva-mate é predominante nos tipos climáticos Cfb, seguido pelo Cfa, região sulamericana de climas pluviais temperados, chuvas regulares bem distribuídas, promovendo clima sempre úmido com médias de temperatura do mês mais quente maior que 22° C (a) ou menor que 22° C (b), segundo KÖEPPEN. Ocorrem ainda pequenas áreas nos tipos Cwa e Aw (OLIVEIRA & ROTTA, 1985). Segundo FERREIRA FILHO (1957) a temperatura média ideal para erva-mate não se afasta muito dos 17° C.

De maneira geral, a erva-mate prefere solos sem deficiência hídrica mas permeáveis, não sendo encontrada em solos hidromórficos. Espécie tolerante à baixa fertilidade natural,

resistindo a solos degradados com baixo teor de nutrientes trocáveis e alto de alumínio. Prefere texturas com mais silte e argila, sendo mais frequente em texturas média e argilosa e raramente é encontrada em solos com predominância de areia (OLIVEIRA & ROTTA, 1985).

FIGURA 1: ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO NATURAL DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)



Fonte: OLIVEIRA & ROTTA (1985)

2.1.6 FITOSSOCIOLOGIA

Segundo REITZ *et al* (1979), a erva-mate nativa ocorre nos planaltos e associa-se às florestas com araucária, onde apresenta-se como espécie ciófito e seletiva higrófito, formando agrupamentos densos. Para VELOSO *et al* (1991), na classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal, a erva-mate acompanhada de *Ocotea pulchella*, *Cryptocarya aschersoniana* e *Nectandra megapotamica*, ocupavam predominantemente a submata da Floresta Ombrófila Mista Montana, onde se podia observar *Araucaria angustifolia* emergindo e em algumas regiões, a erva-mate estava na submata de *A. angustifolia* + *Ocotea porosa*.

2.1.7 ASPECTOS SILVICULTURAIS

Usualmente, após a estratificação das sementes, a propagação é feita em viveiro por mudas via sementeira para posterior repicagem em embalagens plásticas (STURION, 1988; MAZUCHOWSKI, 1989).

Para a formação de ervais de produção pode-se distinguir dois sistemas, o erval nativo, com manejo dividido em formação de ervais nativos e em adensamento dos ervais nativos; e os ervais cultivados (MAZUCHOWSKI, 1989). Para o plantio de ervais são observados alguns procedimentos de preparo do solo, variando de acordo com o clima, a vegetação natural, topografia, tipo e condições do solo, mas principalmente em função do manejo previsto para o erval que varia conforme o tipo de produtor (STURION, 1988). O plantio é preferencialmente feito de julho a setembro e as mudas poderão sofrer poda radicial e sombreamento na fase inicial (DA CROCE, 1992). Várias técnicas estão associadas a implantação de ervais, como a fertilização prévia ou de condução (PRAT KRICUN, 1991), consórcio com culturas agrícolas (DA CROCE & NADAL, 1993; SCHREINER, 1988), adubação verde (MAGRAN *et al*, 1983), limpeza dos ervais e podas de formação (STURION, 1988).

Os sistemas de condução de ervais podem ser os nativos ou plantados conduzidos com porte alto, nativos ou plantados conduzidos com rebaixamento e os plantados e conduzidos com porte baixo, adensados ou não (SCHNEIDER & PETRY, 1985). Os espaçamentos adotados variam com a condução do erval e utilização do solo, LESSING (1985), recomendava para colheita manual, 3 x 2 m; em Santa Catarina recomenda-se 1,5 x 2,5 m, aumentando a distância entre as linhas conforme a utilização das entrelinhas (DA CROCE, 1992); CHRISTIN (1987) considera 2,5 x 1,5 m para solos já cultivados e 3,5 x 1,5 para solos sem uso anterior e PRAT KRICUN & SWIER (1983) estudaram a disposição apropriada para implantação de ervais em função de características localizadas. Outras práticas são citadas na condução de ervais, com destaque para decepta como forma de recuperar erveiras improdutivas (SCHUCH & LAZZARI, 1985).

2.1.8 PRAGAS E DOENÇAS

Os dados sobre flutuação populacional, inimigos naturais e ciclo biológico sobre pragas são raros ou inexistentes. Na Argentina, estudos sobre estes aspectos estão mais avançados, embora ainda sem serem completos (FERNANDEZ DIAZ *et al*, 1992). A formação de ervais e a condução de ervais nativos em sistema de monocultura, associada à destruição das florestas nativas, tem concorrido para ocorrência de surtos de pragas que se tem observado nos últimos anos (IEDE & MACHADO, 1989). IEDE (1985) considera que as espécies mais prejudiciais, em função do elevado potencial biótico, modalidade e intensidade de ataque, são: a ampola (*Gyropsylla spegazziniana* LIZER, 1917; Homoptera - Psyllidae); a broca da erva-mate (*Hedypathes betulinus* KLUG, 1825; Coleoptera - Cerambycidae), a cochonilha de cêra (*Ceroplastis grandis* HEMPEL, 1900; Homoptera - Coccidae) e as lagartas da erva-mate, a Telosia (*Telosia camina* SCHAUS, 1920; Lepidoptera - Eupterotidae) e Hilésia (*Hilesia* sp.; Lepidoptera - Hemileucidae). IEDE & MACHADO (1989) mencionam que anualmente, em

diversos municípios do sul do país, a lagarta da erva-mate tem provocado perdas de até 50% da produção.

2.1.9 PRODUTOS E PRODUÇÃO

A colheita da erva-mate consiste em remover galhos e ramos para aproveitamento das folhas e ramos finos que são utilizados na indústria para produção de vários tipos de chimarrão, chá mate verde, chá mate preto, chá mate queimado, várias modalidades de mate solúvel, chá mate líquido e até refrigerante. O processo é executado a mão com auxílio de tesoura, facão, foice, etc.. A época ideal de colheita está compreendida entre os meses de maio a setembro, tendo-se o cuidado de não despojar a planta por completo. Os intervalos de poda mais comuns são de dois anos, mais tradicionalmente três e recentemente estão sendo anuais. Sua industrialização consiste basicamente das tarefas de sapeco, secagem, cancheamento e beneficiamento. A madeira é de boa qualidade para laminação, embora não seja utilizada para esta finalidade (BOHNEN *et al*, 1982).

Para o sistema tradicional de porte arbóreo com espaçamento 3 x 3 m em ervais de 10 anos, a produção é de 16.665 Kg / ha, em colheitas bianuais (SCHNEIDER & PETRY, 1985). Para ervais conduzidos no porte arbustivo com 6 anos, espaçamento 3 x 1 m, a produção obtida foi de 6.000 Kg / ha, que tende a aumentar com o tempo de plantio (LESSING, 1985). Para CARPANEZZI *et al* (1988), em condições normais de plantios à pleno sol, a primeira colheita se dá entre o quarto e sexto ano de plantio, estabilizando-se aos 10 ou 12 anos com produção de 10 a 20 Kg de massa verde / árvore a cada dois anos.

As propriedades desta bebida são de longa data conhecidas. É um estimulante geral, tanto motor como vegetativo, um tônico anti-escorbútico, tônico dos nervos, do cérebro e da espinha dorsal. Diminui a sensação de fome, alimentando as fibras lisas dos intestinos (LEPREVOST, 1987). Dentre a complexa composição química do mate, já estudada por

vários autores, destacam-se os teores de cafeína e teobromina (GARCIA PAULA, 1968). Afirmam LEITÃO (1969) que entre os componentes da erva-mate passíveis de industrialização, além da cafeína e com algum interesse econômico, pode-se citar a clorofila, a trigonelina, os taninos, a amirina, os carotenos, a teofilina e a teobromina. Segundo ZAINKO (1971), as fontes mais evidentes de utilização da erva-mate com real proveito, em função do valor intrínseco e baixo custo, são: como desintoxicante e nos regimes de emagrecimento, na extração da cafeína, adição no fabrico de rações para aves, adubo e forragem, aproveitamento do resíduo da extração do xarope à elaboração de refrigerante de mate e na fabricação de cêras e cosméticos. Foram constatadas por SCHENKEL *et al* (1995), dez saponinas em *Ilex paraguariensis*. Segundo análises cromatográficas verificou-se a predominância das derivadas do ácido ursólico e os testes de ação hemolítica com a fração purificada de saponinas da erva-mate, tanto nos tubos de ensaio como os realizados sobre cromatogramas, resultaram negativos.

Segundo estatísticas não muito organizadas pelo setor que industrializa a erva-mate, os consumidores brasileiros devem aproximar-se dos 40 milhões e, embora não se possa precisar, estima-se a produção brasileira em 120 mil ton/ano, atribuindo-se 45% a Santa Catarina, com 80% oriundos de ervais nativos, 33% ao Paraná e 22% do Rio Grande do Sul, que consome 50% da produção nacional. O IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 1991, informou produção brasileira com 90.872 ton de folhas verdes, porém só a Prefeitura de Canoinhas-SC, no mesmo ano, declarou que o município produziu 75.000 ton de erva em folhas verdes. Segundo o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente), em 1987, a produção catarinense era de 12.700 ton. O Sindicato da Indústria do Mate de SC, em 1992, estimou em 54.000 ton anuais a produção do estado, sendo boa parte exportados para Chile e Uruguai à US\$ 1.325/ton cancheada e US\$ 1.400 a 1.750/ton beneficiada. Em média, os produtores recebem US\$ 0,12 / Kg de erva verde posta na beira da estrada para carga. Para

erva cancheada, recebem US\$ 0,52 / Kg no galpão e a indústria vende no atacado de US\$ 0,63 a 0,85 / Kg de erva pó (AGROPECUÁRIA, 1992). Segundo MONTIBELLER (1989) em diagnóstico da Secretaria do Planejamento de Santa Catarina, o estado produz em torno de 50.000 ton/ano de folhas verdes de erva-mate (40% da região sul e 35% do Brasil). O setor abrange 80 indústrias ervateiras que possuem de 100 a 200 mil dólares de patrimônio em equipamentos e proporciona de 4 a 5 mil empregos diretos, destacando-se o Planalto Norte Catarinense como a segunda região maior produtora do estado.

Segundo RÜCKER (1995), a média ponderada da oferta de erva-mate verde é estimada em 450 mil ton/ano no período de 1991 a 1994. Esta performance da oferta de matéria prima apresenta em termos de participação percentual a nível de Brasil, período em análise, a variação média de 23,01% do Paraná, 31,51% de Santa Catarina e de 45,08% do Rio Grande do Sul. O setor ervateiro paranaense, segmentos industrial/comercial, participa com 207 empresas cadastradas, através de 31 micro e 176 outras empresas. Em Santa Catarina, os contribuintes por situação cadastral totalizaram 85 empresas em atividade, por regime de pagamento são 23 micro e 62 outras. O setor no estado, participou com 0,16% na arrecadação estadual em 1993 e com 0,13% em 1994. No Rio Grande do Sul, as indústrias de transformação são 219 de erva-mate em geral, 26 de erva-mate cancheada e 125 beneficiadoras, participando com 0,06% na arrecadação do estado em 1994. As exportações brasileiras de mate beneficiado em 1992 alcançaram 16,8 mil ton.

2.2 NUTRIÇÃO DOS ERVAIS

2.2.1 SOLOS PARA ERVA-MATE

As melhores condições de desenvolvimento, longevidade, sanidade e produtividade da erva-mate, estão intimamente ligadas à fertilidade do solo e à sua exploração racional. Há

neste sentido, grande diferença entre um erval de solo pouco fértil, onde as erva-mates são menos produtivas, vivem menos, desenvolvem-se lentamente e reduzem sua capacidade de defesa contra as moléstias e intempéries; e um erval na terra fértil, onde a erva produz mais e permite culturas intercalares de plantas anuais (FERREIRA FILHO, 1957). Com estas afirmações concordam REITZ *et al* (1979) e BRAGAGNOLO *et al* (1980).

Segundo FERREIRA (1979), a erva-mate é uma planta rústica essencialmente de solos areno-argilosos, ricos em fósforo, potássio e ferro, sempre que as águas não se retenham e o subsolo seja permeável. IBDF (1980) repete esta preferência e BOHNEN *et al* (1982) recomendam a escolha deste tipo de solo para o plantio da erva-mate.

Para CARPANEZZI *et al* (1988) o plantio da erva-mate em Santa Catarina é recomendado para as regiões bioclimáticas 1 (planalto), 2 (alto vale do rio Itajaí) e 9 (bacia do rio Uruguai), evitando-se os solos de campo e/ou úmidos. Segundo MAZUCHOWSKI (1989), a erva-mate tem preferência por solos medianamente profundos a profundos, não ocorrendo nos Litólicos. Vegeta bem nos solos permeáveis mas sem deficiência hídrica e não é encontrada nos hidromórficos. Tolerar solos de baixa fertilidade natural, resiste aos degradados e ao baixo teor de nutrientes trocáveis e alto de alumínio. É mais comum em solos de textura média e argilosa e raramente é encontrada em solos com alta percentagem de areia.

Segundo PRAT KRICUN (1991), o solo apto para implantação de erva-mate na região ervateira da Argentina é o denominado Complexo 9, que são de solos profundos, permeáveis e medianamente férteis, cuja maior fertilidade, encontra-se nas camadas superficiais, sendo necessário protegê-los contra erosão. Podem ser efetuados plantios no denominado Complexo 6, que embora possua maior fertilidade que o anterior, por sua menor profundidade, acarretam menores rendimentos, reduzindo-se ainda mais em períodos secos. ANSELMO (1992) afirma que o solo apto para plantios de erva-mate são os “Solos Lateríticos”, pertencentes as ordens, Ultissolos, Alfissolos e Oxissolos. Caracterizam-se por

sua cor avermelhada, profundidade alta, alto conteúdo de argila, muito boas condições físicas (principalmente permeabilidade), mediana fertilidade, pH ácido em todo perfil e teores relativamente altos de matéria orgânica, correspondente ao Complexo 9 descrito anteriormente. Continua o autor, que para a adequada eleição do terreno apto à erva-mate, é conveniente realizar perfurações em diversos sítios para a observação de profundidade ou presença de superfícies endurecidas no perfil. Aconselha ainda, conhecer a história das glebas escolhidas e se forem áreas de campo ou degradadas, recomenda-se o preparo do solo com medidas mitigadoras como a escarificação.

2.2.2 ADUBAÇÃO DE ERVA-MATE

Os ervais nativos em geral, não necessitam ser adubados porque o solo é constantemente beneficiado pela cobertura de folhas e outros vegetais que se decompõem lentamente. Nos ervais cultivados em terra fértil e protegida contra a erosão, o rendimento elevado pode manter-se por muito tempo, mas com o passar do tempo, o solo vai perdendo a fertilidade natural, necessitando a fertilização (FERREIRA FILHO, 1957; REITZ *et al*, 1979; FERREIRA, 1979 e BRAGAGNOLO *et al*, 1980). Continua FERREIRA FILHO (1957), que se culturas consorciadas forem fartamente adubadas, o equilíbrio tende a se manter, porém se não acontecer, torna-se imprescindível a adubação direta das ervaíras. Neste caso, recomenda o autor a utilização de adubos orgânicos provenientes de materiais diversos disponíveis na propriedade.

SCHNEIDER (1983) relatou que a Empresa Hoppen & Petry Cia Ltda em Erebangó (RS), aplicava uréia no plantio de erva-mate à razão de 3 a 5 mg/ planta a cada 20 dias, distribuindo em forma de meia lua na parte mais alta do terreno e incorporados com enxada, conseguindo-se ótimos resultados. PRAT KRICUN (1983) apresentou várias pesquisas de alguns anos, realizados pelo Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (Misiones-

Argentina), de adubações em erva-mate, estabelecendo formulações de NPK, épocas e intervalos de aplicações para as condições da região ervateira da Argentina. A EMBRAPA (1983) já mencionava estudos de adubação da erva-mate, testando diferentes dosagens de fertilizantes para verificação técnica e econômica, além de trabalhos com omissão de nutrientes à campo. ACARPA/EMATER (1984) recomendava usar preferentemente adubo orgânico nas culturas intercalares, que traria benefícios para erva-mate. LAVIGNE (1985) informa ser desnecessária a correção do solo, devido a tolerância da espécie aos altos teores de alumínio e a acidez. BAGGIO & SCHREINER (1985) mencionam a consorciação com culturas agrícolas como forma de atender à reposição de macronutrientes para erva-mate, sendo necessária adubação suplementar de outros nutrientes, além de citar técnicas de incorporação de adubos verdes.

Para a fertilização de erva-mate, a COMISION TRIPARTITA ... (s.d.) recomenda a aplicação de 300 Kg / ha de fertilizante NPK (30,5-7,5-7,5) em ervais com 1000 plantas / ha, não devendo aplicar em solos erosionados. Se a colheita for no verão, recomenda-se a fertilização entre agosto e setembro, se for no inverno, fertiliza-se entre fevereiro e a primeira quinzena de março. A aplicação pode ser manual ou mecânica, incorporando o adubo ao solo a uma profundidade de 5 - 10 cm, colocado sob a projeção da copa à uma distância de 0,5 a 1 m do tronco da erva, segundo seu desenvolvimento. Pode ser feita em linhas contínuas, para plantações desenvolvidas, que praticamente cobrem todo solo e as plantas se tocam entre si.

Segundo CHRISTIN (1987) para a erva-mate quando adaptada a um plano de manejo adequado, a adubação química é uma das práticas de melhor resultado no rendimento dos ervais. Deve-se avaliar a possibilidade de obter-se, através da aplicação de fertilizantes, o aumento da produção em Kg de massa verde, em quantidades suficientes que justifiquem os gastos com sua aplicação. Para 1 ha de erva-mate, a fórmula mais equilibrada para adubação química é a de 4 partes de N, 1 parte de P e 1 parte de K. Uma das formulações pode ser

composta por 200 Kg de uréia, 50 Kg de superfosfato triplo e 50 Kg de cloreto de potássio. A adubação poderá ser manual, aplicada na coroa da erva a uma distância mínima de 50 cm e na linha sob a projeção da copa, incorporados com enxada. Quando mecânica, a adubação é feita em faixas nas entrelinhas. Deve ser feita em duas etapas, novembro e janeiro. Nos consórcios com culturas anuais, estas são o ponto de referência para adubação e calagem, que não apresentam diferenças de povoamentos solteiros. Os resíduos, tanto da parte química usada para cultura anual como os resíduos destas culturas, incorporados ao solo, dão condições de rendimento satisfatório para a erva-mate, não havendo necessidade de fertilização. Pode ser feita, em solos corrigidos, uma cobertura verde com ervilhaca (*Vicia sativa*), incorporada verde ao solo em períodos de inverno.

MAZUCHOWSKI (1989) afirma que não existem informações conclusivas de pesquisa no tocante a adubação química de erva-mate. Recomenda o início da primavera como a época ideal para efetuar-se a adubação das ervaíras, porque estão repletas de gemas vegetativas. Aconselha ainda que independente de resultados da análise de solos, deve-se usar 150 a 250 Kg / ha da fórmula NPK 5-18-20. Em cobertura, pode-se aplicar uréia na base de 200 Kg / ha ou 100 g / ervaíra, a partir do terceiro ano de plantio à campo.

Conforme PRAT KRICUN (1991), para a produção de ervaíras tradicionais com rendimentos de 6.000 Kg / ha de erva verde, recomenda-se a proporção de 100-25-25 Kg (NPK), aplicada durante o mês de novembro na projeção da copa. No caso de ervaíras colhidos durante os meses de verão ou cada ano e meio, é recomendável a aplicação durante o mês de fevereiro. Nos ervaíras de média e alta densidade, deve-se fertilizar em função de seu rendimento, aumentando o nível de N da fórmula básica à razão de 50 unidades por cada 3.000 Kg / ha de erva verde sobre os 6.000 Kg / ha básicos. O emprego de adubos orgânicos de origem animal, vegetal ou misto em volumes de 4 a 20 ton / ha, constitui boa prática para a rápida recuperação de ervaíras com sinais de decadência e avançado processo erosivo.

PRAT KRICUN & BELINGHERI (1992) testaram a aplicação de N em plantações de erva-mate com diferentes densidades, com o objetivo de determinar o efeito da fertilização em doses crescentes de N. Os sítios foram instalados em Puerto Esperanza (Misiones-Argentina) e Gobernador Virasoro (Corrientes-Argentina), onde se efetuaram controles de produção por 6 e 5 safras respectivamente. As densidades flutuaram entre 1.000 a 4.400 plantas / ha e foram aplicados de forma manual, 0, 100, 200 e 300 Kg N / ha. Determinou-se que não existe interação entre as diferentes densidades e níveis de N, comportando-se ambas em forma independente. A densidade como uma função logarítmica e o nível de N como uma função linear, para ambos os sítios.

Um experimento de viabilidade técnico-econômica da fertilização mineral e calagem na cultura da erva-mate na região de Guarapuava (Pr) foi realizado por SCHLOSSMACHER NETO (1994). Foram testados treze tratamentos em blocos ao acaso com quatro repetições variando as dosagens e combinações de calcário e fertilizantes. Os resultados preliminares indicaram que não houve ataque de *Giropsylla spegazziniana* em nenhum dos tratamentos; o uso de calcário dolomítico nos solos com pH 4,3, ocasionou uma resposta bastante significativa na altura e peso da massa verde em erva-mate aos doze meses; não houve diferença significativa na produção de massa verde com o uso de 1,0 ou 0,5 Kg de calcário na cova em solos de alta acidez, após 1 ano de início do experimento; entre as adubações fosfatadas, a que melhor resposta proporcionou no peso da massa verde foi 0,30 Kg / cova de Termofosfato Yoorim. Quanto a viabilidade econômica, até os doze meses, só o tratamento com calcário dolomítico 0,25 Kg / cova obteve retorno líquido positivo de US \$ 0,50 considerando apenas os custos de fertilizantes e corretivos.

As recomendações de adubação e calagem de erva-mate para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, preconizam que a adubação nitrogenada deve ser feita no plantio, na proporção de 60 Kg N / ha quando o teor de matéria orgânica for menor ou igual a 2,5 %, 40

Kg de N / ha quando a M.O. estiver entre 2,6 e 5,0% e menos ou igual a 20 Kg /ha quando a % de M.O. for maior que 5,0. Já no crescimento, devem ser aplicados 60 Kg N / ha, ou menos quando ultrapassar os 5,0% de M.O.. A adubação fosfatada no plantio de erva-mate, baseia-se na interpretação do P no solo, quando for limitante deve-se aplicar 130 Kg P_2O_5 /ha; muito baixo, 90 ; baixo, 60; médio, 40; suficiente, 20 e alto, menos de 20 Kg P_2O_5 / ha. A adubação fosfatada de reposição deve ser feita na dosagem de 120 Kg P_2O_5 / ha, ou menos quando o P no solo for alto. Para adubação potássica, interpreta-se o K no solo e no plantio da erva, aplica-se 50 Kg K_2O /ha quando for limitante, 40 quando muito baixo, 30 quando baixo, 20 quando médio, 10 quando suficiente e menos de 10 quando alto. Na reposição, recomenda-se 60 Kg K_2O /ha ou menos quando o K no solo for alto. Enfatizam ainda que a adubação de plantio deve ser aplicada na cova ou no sulco de plantio, na instalação do povoamento. A adubação de crescimento com N visa facilitar a rebrotação após a colheita. A adubação de reposição é indicada para suprir os nutrientes exportados pela exploração florestal, devendo ser aplicada após a colheita. A calagem não é recomendada para a cultura da erva-mate, pela sua adaptação a condições de acidez do solo (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC, 1994).

2.2.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DE ERVA-MATE

Os bioelementos em folhas e hastes de erva-mate foram estudados por REISSMANN *et al* (1983), revelando um bom suprimento de N, K, Ca, Mg, Fe, Cu e Zn, enriquecimentos em Mn, Al, B e baixos teores de P. Altos valores da relação N / P indicaram provável deficiência oculta de P.

BELLOTE & STURION (1985) aplicaram soluções nutritivas completa e omissão de nutrientes em mudas de erva-mate cultivadas em vasos contendo areia lavada, concluindo ser

N o mais limitante à produção de matéria seca, semelhante a testemunha, seguido em ordem decrescente das omissões de Ca, P, K, Mg, Zn, Cu e Fe.

Com base no peso médio da copa, estimou-se o montante de exportações de macronutrientes durante o período de safra, demonstrando que as exportações são influenciadas pela época de exploração. Exporta-se 15% de N, 41% de P e 28% de K a mais em outubro que em junho. As altas exportações coincidem com a fase de maior atividade fisiológica. O nível de P decresce muito a partir de outubro atingindo níveis de 0,08% do peso de matéria seca, concluindo-se que a produção possa estar limitada em função de possível deficiência de P (REISSMANN *et al*, 1985).

A partir do conhecimento do peso médio da copa explorada de erva-mate, calculou-se a quantidade dos micronutrientes exportados através da prática da exploração. Constatou-se que a espécie contém elevados teores de Mn, Cu e B. Quanto ao Mn, além da característica da espécie, aspectos relativos a drenagem do solo podem ser responsáveis pelo alto teor. O B pode ser enquadrado como exigido pela erva-mate, recomendando-se mantê-lo constante no sistema (REISSMANN *et al*, 1987).

A variação estacional dos micronutrientes e de alumínio nas folhas de erva-mate foi estudada por REISSMANN (1991), que constatou baixos níveis do quociente Fe/Mn, alto teor de Al e, sabendo de sua ampla distribuição em solos ácidos, o autor suspeitou que a mesma possa pertencer ao grupo das plantas calcífugas.

Em casa de vegetação, mudas de erva-mate foram submetidas a doses crescentes de calcário com o objetivo de obter diferentes níveis de saturação de bases. Com o aumento da calagem, observou-se uma redução no crescimento, com nítidos sintomas de clorose induzida nas doses mais altas, apresentando até mortalidade das mudas (REISSMANN *et al*, 1991).

CAMPOS (1991) estudou o balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de erva-mate na safra e na safrinha. As concentrações de N, P, K, Ca e Mg nos

compartimentos da biomassa de erva-mate estão dentro da faixa de variação encontrada na maioria das folhosas. Os teores mais elevados são encontrados nas folhas, talos e cascas para a maioria dos macronutrientes estudados, com exceção do Ca. Com exceção do K a tendência dos elementos foi do estoque de nutrientes (Kg/ha) na biomassa diminuir de concentração na safrinha. A estimativa para o povoamento com 9 anos de idade foi de 151,74 de N; 11,09 de P; 98,20 de K; 58,18 de Ca e 35,69 Kg/ha de Mg, na safrinha. Na safra foi de 213,99 de N; 12,53 de P; 175,64 de K; 88,31 de Ca e 46,65 Kg/ha de Mg. No povoamento com 12 anos de idade o estoque na safra foi de 182,28 de N; 11,87 de P; 107,99 de K; 53,60 de Ca e 43,54 Kg/ha de Mg. Na safrinha estimou-se 224,88 de N; 16,85 de P; 199,08 de K; 91,73 de Ca e 60,65 Kg/ha de Mg.

REISSMANN & PREVEDELLO (1992), observaram correlações positivas entre o aumento da calagem e a concentração de K, Ca, Mg e Fe nos tecidos das folhas de erva-mate. Constataram novamente os baixos níveis de P, o que parece ser característica da espécie. Chamaram atenção ainda, os baixos níveis de Cu e altos de Zn que ultrapassaram o nível de 100 ppm.

RADOMSKI *et al* (1992 b) analisaram os teores de macro e micronutrientes em folhas jovens e velhas de árvores nativas de erva-mate sobre solos ácidos em São João do Triunfo (PR) e encontraram níveis foliares satisfatórios de N, K, Ca, Mg, Fe e Zn; elevados de Cu em folhas jovens e altos teores de Al e Mn em folhas velhas. Embora os níveis de P em folhas velhas fossem baixos, não se observaram sintomas de deficiência, podendo indicar adaptação da erva-mate à acidez do solo.

Os teores foliares de macro e micronutrientes em três plantios de erva-mate aos sete anos à pleno sol, foram comparados por RADOMSKI *et al* (1992 a). Numa toposequência, o grupo 1 localizou-se no terço superior do terreno e o grupo 2 no terço inferior e em outro local um terceiro grupo posicionado no topo do terreno. O grupo 3 apresentou diferença

significativa em relação aos grupos 1 e 2 para N, K e Mg. Para o Al, o grupo 2 foi superior. O B no grupo 1 foi a menor média e no caso do Ca, Cu e Si não houve diferença significativa. Para P, Fe, Mn e Zn foi observada grande variação dos teores dentro de cada grupo, onde o grupo 3 foi superior aos demais para P (50%), Mn (81%) e Zn (77%). Fe no grupo 2 foi 28% a mais que o 1 e 17% a mais que o 3.

QUADROS *et al* (1992) compararam os teores de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate nativas sob sombreamento e a céu aberto. Obtiveram diferenças estatisticamente significativas nas médias dos teores de N, K, Ca, Mg, Al, Mn, Fe, Zn e Si para as duas condições. Os teores de P, Cu e B foram estatisticamente iguais. Os teores dos elementos K, Ca, N, Mg, Mn, Zn e Si foram maiores nas folhas sombreadas e Al e Fe maiores nas folhas a céu aberto.

SOSA (1992) procurou estabelecer a relação funcional entre os rendimentos e as análises de solo e planta para 4 regiões ervateiras da Argentina, elegendo ervais de alta, média e baixa produção. Foi possível determinar os valores médios gerais dos elementos químicos do solo e planta, N, P, K, Ca, Mg, Al, B, Zn, Fe Mn e matéria orgânica. Classificou os níveis de elementos químicos do solo em relação a produtividade de erva-mate em muito bom, bom, regular e mau. Determinou ainda os níveis dos elementos químicos em folhas de erva-mate em relação a produtividade, classificando em alta, média e baixa produção.

Um experimento foi conduzido com diferentes níveis de calagem, respaldados na elevação da saturação de bases, para verificar a produção e níveis de Ca, Mg e Al foliares de erva-mate à campo. A partir de 50% de saturação, a calagem não aumentou significativamente a concentração de Ca e Mg, enquanto o Al não foi influenciado em nenhum dos tratamentos. Observou-se efeito de concentração para o Ca devido a calagem, sem acarretar aumento de matéria seca. Quando analisou-se a quantidade absorvida de Al, constatou-se diferenças significativas entre os tratamentos, destacando-se a não calagem e a

saturação máxima a 100%. Sem calagem, observou-se maior ganho significativo na produção de matéria seca e altura e não foi constatada a manifestação de clorose induzida, observada em trabalhos anteriores (REISSMANN *et al*, 1993).

Foram estabelecidas correlações entre teores de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al obtidos por digestão via seca e da fração hidrosolúvel em folhas de erva-mate. Um grupo caracterizou-se por correlações positivas e estatisticamente significativas, representado por K ($r = 0,91$), Mg ($r = 0,90$), Mn ($r = 0,90$), Zn ($r = 0,85$), Cu ($r = 0,70$) e Al ($r = 0,65$); outro grupo por correlações inexpressivas e não significativas, representado por Ca ($r = 0,47$) e Fe ($r = 0,45$). A digestão total via seca caracteriza o estado nutricional das erva-mates na época da coleta, sendo já uma metodologia consagrada neste sentido. A extração com água quente, tende a refletir uma considerável fração hidrosolúvel ingeridos por ocasião do mate. Os diferentes graus de correlação sugerem vinculação à época de coleta, localização e forma de ligação dos constituintes dos tecidos foliares, o tratamento prévio das amostras e tempo de contato com a solução extratora (REISSMANN *et al*, 1994).

2.3 AVALIAÇÃO NUTRICIONAL

2.3.1 ANÁLISE FOLIAR

Segundo MUNSON & NELSON (1973), o estudo analítico foliar baseia-se no princípio de que a análise de um nutriente é um valor integral de todos os fatores que interagem para afetá-lo. Conforme ALDRICH (1973), geralmente a análise foliar é indicada para diagnosticar ou confirmar diagnose de sintomas visíveis, na identificação de distúrbios na planta, na localização de áreas de deficiências, para indicar a necessidade de adubação, na detecção de interações ou antagonismo entre nutrientes e para auxiliar na compreensão do funcionamento das plantas.

Para a amostragem de tecidos, LEAF (1973) afirma que devem ser contemplados uma série de critérios, visando obter a melhor estimativa do estado nutricional das árvores. Neste sentido, KRAMER & KOSLOWSKI (1960) observam que um dos maiores agravantes para a análise foliar, é exatamente a dificuldade de saber que quantidade pode ser considerada satisfatória de um nutriente nas folhas, pois a simples presença do elemento, não quer dizer que está disponível para os processos fisiológicos. SMITH (1962) afirma que em um meio comum, tanto o requerimento quanto a capacidade de absorver das plantas de espécies diversas são completamente diferentes.

HILDEBRAND *et al* (1976) demonstraram que os elementos químicos apresentam uma nítida distribuição vertical na copa viva que está muito relacionada com as características de mobilidade dos nutrientes, bem como a qualidade do sítio. De acordo com ZÖTTL & TSCHINKEL (1971), a determinação das concentrações dos nutrientes nos tecidos, resultam um quadro do estado nutricional da planta e, elegendo as folhas como objeto de análise por possuírem conteúdos superiores de elementos nutritivos em comparação com outras partes vegetativas.

A idade fisiológica de uma planta, ou parte dela, é um dos fatores mais importantes na determinação do conteúdo de nutrientes minerais. Com a idade ocorre o declínio do nível de muitos nutrientes minerais (exceto o Ca). Esse declínio é causado principalmente pelo aumento relativo na proporção de material estrutural e de compostos de armazenamento na matéria seca (MARSCHNER, 1986). Para fins de análise do estado nutricional de essências florestais folhosas, recomenda-se que sejam coletadas folhas recém maduras de ramos primários durante o verão e outono (MALAVOLTA *et al*, 1989). Os comentários de MEAD (1984), enfatizam a questão da idade das folhas amostradas e a posição na copa, ressaltando a preferência da coleta em árvores dominantes ou codominantes. ZÖTTL (1973) aponta para a importância de não se amostrarem árvores atacadas por fungos ou insetos e nem as carregadas de frutos, que

afetam significativamente os seus níveis nutricionais, acrescido da certeza da amostragem possuir um número de árvores representativo do povoamento. PRITCHETT (1979) confirma as preocupações citadas quanto aos procedimentos de amostragem. Segundo MEAD (1984), os níveis de nutrientes tendem a ser mais estáveis no outono ou no inverno, de modo que esse período de amostragem tem sido recomendado para os climas temperados e frios. Para WELLS & METZ (1963) é normalmente aceito o fato de que a variação das concentrações foliares ao longo de um período curto (mês ou semana) é maior no primeiro período de crescimento (primavera) e é mínima na época de inverno onde não ocorre crescimento, o que faz com que a melhor época para fazer amostragem seja no inverno.

2.3.2 ANÁLISE DE SOLOS

Os pesquisadores florestais tem reconhecido há muito tempo a profunda influência da morfologia e das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos no desenvolvimento e distribuição das árvores. Assim, o estabelecimento de correlações entre propriedades dos solos e o crescimento das árvores, permite dispor de elementos fundamentais para a seleção de locais de novas plantações (KRAMER, 1942).

A análise de solos é uma ferramenta muito importante em qualquer pesquisa de nutrição florestal, mas sua validade para interpretar distúrbios nutricionais em florestas é um pouco limitada. Há dificuldade de saber a profundidade correta de amostragem e qual método de extração usar para determinar a quantidade disponível para as árvores (ZÖTTL, 1973). PRITCHETT (1979) considera como dificuldades quanto a realização de análise de solos em florestas, como a falta de informações básicas dos requerimentos de nutrientes pelas principais espécies florestais, a dificuldade de saber a amostra representativa de áreas florestadas, a falta de informação quanto a melhor profundidade de amostragem e a incerteza de qual forma ou fração do nutriente extrair. Refere-se ainda à necessidade de 12 a 15 subamostras por amostra,

retirada de 0-20 cm de profundidade, que é a região de absorção pelas raízes, aumentando a área amostrada com o mesmo número de subamostras para áreas homogêneas e aumentando o número de amostras, mesmo em pequenas áreas, quando estas apresentarem grande heterogeneidade.

Segundo KHANNA & ULRICH (1984), os problemas de amostragem são aqueles de determinação do número de amostras necessários para descrever um sítio, a profundidade relevante, a época e o método de preparação da amostra para análise. A variância e o coeficiente de variação das propriedades do solo aumentam conforme aumenta o tamanho da área amostrada, mas esta variação em populações florestais, pode estar dentro de 1 metro quadrado. Isto sugere que a variabilidade pode ser principalmente causada por processos relacionados a absorção dos íons.

Por si só, a análise de solos não é capaz de avaliar o estado nutricional das plantas, mas constitui-se em importante instrumento de interpretação, quando conjugada à análise foliar, desde que também se observem cuidados metodológicos de coleta e determinação (HILDEBRAND *et al*, 1976; VETTORI, 1969).

2.3.3 INTERPRETAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL

Segundo ZÖTTL (1973), o diagnóstico dos distúrbios nutricionais em povoamentos florestais, é cada vez mais importante na medida em que as áreas para atividades silviculturais aumentam significativamente. Afirma que, para analisar as árvores no seu aspecto nutricional, deve-se avaliar todos os fatores que as rodeiam e analisar com cuidado, quais níveis, para cada espécie podem ser considerados tóxicos ou deficientes. Cita ainda que para uma boa análise é interessante unir as conclusões de diferentes métodos, como os sintomas visuais da planta, seus antecedentes hereditários, clima, etc., mas ressalta a análise química das folhas como a melhor das técnicas. BINKLEY (1986) faz importantes inferências quanto ao uso cada vez

mais intenso no mundo da prática da análise nutricional como base para o manejo florestal adequado, dando conta que os níveis nutricionais levantados no povoamento devem ser minuciosamente estudados sobre sua deficiência ou toxidez, para daí analisarem-se outros itens e definir-se as medidas de ordenamento.

A condição satisfatória para um bom crescimento da árvore é sua adequada nutrição. Os nutrientes fazem parte de todos os tecidos das plantas e também são importantes na função de catalizadores, transportadores, reguladores da pressão osmótica e outros (GALVÃO, 1978). Afirmam KRAMER & KOSLOWSKI (1960) que os efeitos morfológicos visíveis ou sintomas de deficiências minerais indicam o resultado de interações nos vários processos bioquímicos e fisiológicos internos. Geralmente é difícil determinar com certeza quem produz cada um dos efeitos observados, em virtude das complexas interações existentes. Em regra, a deficiência mineral acarreta a redução tanto da síntese dos carboidratos como de respectivo transporte para os tecidos em crescimento. Com frequência, a fotossíntese e a respiração são afetadas pela deficiência mineral.

Os mecanismos desenvolvidos pelas árvores para possibilitar o crescimento em condições de um fornecimento limitado de nutrientes pelo solo, incluem meios para aumentar as entradas de nutrientes no sistema, meios para maximizar a retenção deles dentro do ecossistema e mecanismos de reutilização dos nutrientes, uma vez que eles estão dentro da árvore. A importância relativa desses mecanismos varia entre os diferentes nutrientes e muda também na medida em que a plantação se desenvolve. De forma similar, a importância relativa de cada um desses mecanismos varia entre as espécies. O estado nutricional de um povoamento em um dado momento ou durante um período, é resultado da eficiência desses mecanismos em um determinado sítio (SWITZER & NELSON, 1972).

Vários autores citados por ARMSON (1973), tem encontrado uma forte relação entre os níveis dos nutrientes totais em folhas e alguns parâmetros de crescimento. Este aspecto,

unido ao fato de serem essas as partes mais ativas das árvores no metabolismo de nutrientes, faz com que a concentração foliar de nutrientes seja tomada com muita frequência como parâmetro para o diagnóstico do estado nutricional das árvores. Já para MARSCHNER (1986) a análise do solo indica a disponibilidade potencial de nutrientes que as raízes podem absorver sob condições favoráveis para o crescimento e atividade da raiz. A análise de plantas, reflete somente o estado nutricional atual. No entanto, em princípio, a combinação de ambos os métodos é a melhor base para recomendações.

LARCHER (1986), relatou que o excesso ou a falta de nutrientes minerais pode ser prejudicial à fotossíntese. Concentração muito alta de certos minerais, especialmente os íons de metais pesados, diminuem a fotossíntese. Um dos fatores bem conhecidos na absorção dos nutrientes é definido por LEYTON (1956), quando relata o fato de que sob condições de campo, raro são os casos em que um só elemento é limitante.

Segundo MEAD (1984), sintomas de deficiência foliares, como algum tipo de malformação de caule e mudanças na morfologia, podem ser úteis na diagnose qualitativa e sempre aparecem depois que a deficiência já tenha ocasionado uma redução no crescimento. Um sintoma geralmente observado para a deficiência de N, P e K é a queda prematura da folhagem mais velha ocasionando uma lenta recuperação e reconstituição da folhagem. Por outro lado, deficiências incipientes de muitos nutrientes, podem causar clorose moderada a qual dificulta a diagnose precisa. Também podem ocorrer situações onde aparecem sintomas evidentes, porém a redução de crescimento é insignificante.

Vários elementos, conjuntamente, atuam de forma antagônica. MALAVOLTA & KLIEMANN (1985) citam o Fe como deficiente no solo quando a calagem é muito intensiva e o Mn que pode tornar-se menos disponível com a presença abundante de Ca e ainda Cu, Fe e Zn. O Mn demonstra relações de antagonismo com o Fe, sendo responsável pelos efeitos de toxidez quando em grandes quantidades. Os seus efeitos se fazem sentir principalmente quando

a absorção de Ca, Mg e Fe torna-se deficiente. Sua disponibilidade no solo está relacionada inversamente ao pH. Os autores citam a tolerância ao Mn como sendo determinada por fatores genéticos. O N entretanto, a exemplo de outros elementos, varia em sua forma química de acordo com certos fatores do solo, dentre eles o pH. Assim tem-se que sob condições de acidez predomina a forma de N-NH_4^+ e sob condições mais básicas ou próximas da neutralidade, predomina a forma de N-NO_3^- .

DIJKSHOORN (1969), relata a deficiência mais severa do K quando a nutrição do N se dá sob a forma N-NH_4^+ , se comparada ao caso em que N-NO_3^- constitui-se na fonte de N. MULDER (1956) relata que a absorção do Ca pode ser favorecida pela presença de íons NO_3^- , porém suprimida pelos íons NH_4^+ , K^+ e Mg^{++} e cita ainda antagonismo entre N e Cu e entre Ca e Mg. Segundo PILBEAM & KIRKBY (1992), o efeito antagônico de N-NH_4^+ em relação à absorção de Ca e K é verificado somente em casos em que o meio é extremamente ácido. Sob tais condições, ocorre uma elevação nos níveis de Al e Mn e decréscimos nos níveis de K, Ca, Mg, tornando inclusive o fósforo menos disponível. MARSCHNER (1986), afirma que a taxa de absorção de Mg pode ser reduzida pela presença no solo de cátions como Ca^{2+} , NH_4^+ , K^+ e Mn^{3+} , bem como pela redução do pH.

A deficiência de Ca, segundo LOUGHMANN (1969), provoca a inabilidade do vegetal em transferir o P absorvido da raiz para o caule e ainda segundo MALAVOLTA & KLIEMANN (1985) é responsável pela perda da integridade da membrana celular, dificultando, desta forma a absorção de outros elementos. Segundo MULDER (1956), o pH interfere indiretamente na absorção do Mg. Um incremento do pH possibilita um melhor desenvolvimento da raiz e induz a uma redução dos níveis de N-NH_4^+ e H^+ , reduzindo assim os efeitos de competição entre íons.

Dentre os micronutrientes, FAO (1982) relata tendências antagônicas entre Fe e Cu, Mn e Zn, estes dois últimos possuem relações inversas com o pH do solo. O Zn segundo

MENGEL & KIRKBY (1987), possui relações antagônicas com o P, porém os mecanismos envolvidos não são claros.

2.4 AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE

2.4.1 PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE

O reconhecimento da importância relativa dos diferentes fatores do crescimento é uma etapa bastante trabalhosa, dependendo da habilidade do pesquisador em observar, medir e definir características importantes do sítio (CARMEAN, 1975). A implicação segundo SALAS (1974), está em descobrir qual ou quais as variáveis diagnósticas para cada espécie, solo ou posição topográfica, exigindo necessariamente o trabalho integrado de diferentes áreas do conhecimento, com o objetivo comum de identificar tais variáveis e reconhecer os valores quantitativos e qualitativos das variáveis efeito.

ZÖTTL & TSCHINKEL (1971), apresentam resultados de vários ensaios que demonstram relações entre o estado nutricional de árvores e ataque ou infecções por insetos e fungos. Afirmam que os insetos preferem alimentar-se de árvores mal nutridas e podem ter uma mortalidade mais alta em povoamentos bem nutridos. MARSCHNER (1986) refere-se a relação existente entre a nutrição das plantas e o ataque de pragas. Relata exemplos de deficiências de nutrientes que favorecem o ataque de pragas, enquanto outros apresentam correlação positiva entre o bom suprimento nutricional e o aumento do ataque de insetos. MALAVOLTA *et al* (1989), citam que alguns insetos, talvez pelas toxinas que produzem, podem também provocar variações nos teores foliares de elementos minerais.

Segundo LARCHER (1986), um dos fatores que determinam o aumento da produção, é o aumento da superfície de assimilação, representada pela área foliar, que pode aumentar em função do melhor estado nutricional. LINDER & ROOK (1984), apresentam exemplos de

relações da área foliar com os níveis nutricionais de espécies florestais, com casos de diminuição da área foliar devido a deficiência de algum nutriente. O suprimento mineral de algumas árvores, influenciando a forma da copa também é apresentado pelos autores, mostrando a relação entre a nutrição e esta variável. MALAVOLTA (1980) exemplifica sintomas de deficiência e excesso de nutrientes, interferindo em vários parâmetros de crescimento das plantas. O tamanho das folhas é afetado pela deficiência de N e B; a altura total da planta diminui pela deficiência de K; excesso de Cu diminui o crescimento e ramificação, etc..

Para avaliar as exportações de macronutrientes pela exploração da erva-mate, REISSMANN *et al* (1985), utilizou como parâmetros de medidas a variável peso médio da copa, obtido pela regressão entre peso verde e peso seco. A altura total de mudas de erva-mate, foi utilizada por REISSMANN *et al* (1991) para representar o crescimento da espécie, submetida a diferentes saturações de bases. MUTINELI (1990) apresenta estudos de comparação de solos influenciando nas dimensões foliares de erva-mate argentina e paraguaia, concluindo que solos soltos possuem maiores valores que as de solos de campo, mas mantém a mesma relação largura/comprimento, devido aos maiores teores de N conferindo maior área foliar. Já CAMPOS (1991), para avaliar a produção na safra e na safrinha de povoamentos de erva-mate aos 9 e 12 anos, utilizou variáveis como a circunferência da base do tronco, a altura total, a altura da copa, área de projeção de copa, média de área foliar e outras.

2.4.2 FATOR SÍTIO

Segundo COILE (1952), é uma área caracterizada por uma determinada combinação de fatores edáficos, topográficos, climáticos e bióticos, enquanto que a qualidade de sítio é a capacidade de produção florestal de uma área para uma ou várias espécies. Salienta que a relação entre topografia e produtividade é primeiramente indireta, sendo que a posição

topográfica relativa em conjunto com a profundidade até o lençol freático influem sobre a oferta hídrica do solo. Para ZÖTTL & TSCHINKEL (1971) o conjunto de fatores do meio ambiente que influi no crescimento de um povoamento, denomina-se sítio e, um bom sítio é o local no qual o complexo destes fatores são favoráveis para um bom desenvolvimento da espécie em questão. Para isto, é necessário medir o crescimento do povoamento para identificar os lugares de bom ou mau desenvolvimento, ou seja, bons e maus sítios, para em seguida investigar os fatores ambientais que os determinam. Desta maneira, eventualmente se podem identificar os fatores mais limitantes e saber se há correlação com aspectos de nutrição mineral.

A capacidade do solo em fornecer nutrientes depende de sua reserva nestes elementos. Esta, por sua vez, é função de um balanço existente entre perdas e ganhos no sistema solo. As perdas se processam principalmente através de erosão e lixiviação, enquanto que os ganhos ocorrem principalmente através do intemperismo e de adições. Para solos em ambientes semelhantes, mas variando em declividade, a erosão segue uma relação entre o declive e o comprimento da rampa (RESENDE *et al*, 1989).

BURGER (1979) comenta cinco métodos para avaliação de sítio, dentre eles encontram-se aqueles baseados em fatores edáficos e o método de mensuração do próprio povoamento. Os efeitos da topografia na vegetação são relatados por PRITCHETT (1979) como fatores de variação de solos e outras características que acabam por configurar sítios, capazes de subsidiar estimativas de crescimento de plantas influenciadas por variáveis nutricionais. MEAD (1984) afirma que o maior propósito em análise foliar é detectar as diferenças no estado nutricional de sítios e relata casos em que diferentes sítios são considerados diferentes tratamentos em função das variações neste estado. De acordo com CARMEAN (1975), a determinação da qualidade de sítio baseada em características edáficas e topográficas é particularmente útil quando as condições de solo variam muito, permitindo

deste modo, classificar a paisagem em diferentes unidades representativas das classes de sítio. ZÖTTL (1973) afirma que as variações dos fatores edáficos podem apresentar-se devido a várias causas. Logicamente, o conjunto destas variações também se reflete em uma alta variação no crescimento dos povoamentos, mesmo em curtas distâncias. A observação de diferentes crescimentos em diferentes posições topográficas se deve principalmente aos fatores edáficos.

Com erva-mate, foi realizada por RADOMSKI *et al* (1992 a), a comparação dos teores de macro e micronutrientes em três plantios, divididos por diferenças de posição na toposequência, procurando as variações do estado nutricional dos povoamentos em função de prováveis variações edáficas.

2.4.3 FATOR DIOICIA

A erva-mate é uma espécie dióica que possui como característica a produção de flores nas árvores dos dois sexos, porém só as femininas produzem frutos. Esta observação induz a possíveis diferenças de rendimento entre os sexos e possivelmente diferenças nutricionais entre ambos (MAZUCHOWSKI, 1989).

BELINGHERI & PRAT KRICUM (1992) ao procederem seleção de plantas para obter clones e progênes superiores em produção de massa verde de erva-mate na Argentina, não encontraram diferenças significativas entre os rendimentos de plantas masculinas e femininas.

Com relação as árvores frutificadas e não frutificadas, os teores de K, Ca, Mg e Cu diferem significativamente de acordo com MOREIRA *et al* (1983). Complementando, SMITH (1962) afirmou que a quantidade de frutos pode influenciar a composição foliar. Geralmente há uma proporcionalidade na quantidade de frutos com o aumento dos teores de N, P, Ca e Mg e uma redução na concentração de Ca foliar. MILLER (1938) constatou que a produção de

produção de frutos afeta a quantidade de vários elementos diferentemente. Em árvores, por exemplo, a produção de frutos reduz o K na folha.

2.5 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

A análise de regressão dos teores de nutrientes das folhas com o crescimento da árvore pode ser um método diagnóstico muito útil, desde que a amostragem seja rigorosa. A análise de regressão pode direcionar as áreas que necessitam de pesquisa, porém não prova causa e o efeito. Também assume que a nutrição, como é revelada na análise foliar, é a principal causa das diferenças de crescimento. A regressão tem a vantagem de dar informação quantitativa do grau de deficiência (MEAD, 1984).

A determinação dos teores dos nutrientes nos tecidos, resultam um quadro do estado nutricional da planta. No setor florestal, este método de investigação se baseia nas correlações existentes entre o nível de elementos nas folhas das árvores e o seu nível de crescimento (ZÖTTL & TSCHINKEL, 1971).

BEVEGE (1984), apresenta vários casos em que são usados modelos de regressão simples e múltiplos com a finalidade de usar variáveis diversas com as relacionadas à nutrição de povoamentos florestais, para explicar variáveis dependentes, mensuradas diretamente, comentando a importância e limitações desta técnica de inferência da resposta das culturas aos níveis encontrados. Já VAN RAIJ (1987) afirma que é difícil obter correlações entre teores de nutrientes do solo com os nutrientes foliares, devido a uma série de fatores, principalmente os ambientais. Segundo ZÖTTL (1973), muitas contribuições podem ser dadas pelas correlações entre a concentração de nutrientes em tecidos das plantas e o crescimento, assim como as correlações entre as concentrações internas e o suprimento deste elemento no solo, porém deve-se atentar para a influência de outros fatores. Cita ainda vários pesquisadores que tem

encontrado correlações estatísticas significativas entre concentração de elementos minerais nas folhas e os parâmetros de crescimento. Das correlações encontradas, vários autores como MENGEL & KIRKBY (1987), MARSCHNER (1986), EPSTEIN (1972), BAYENS (1970), GAUCH (1972), justificam que algumas são clássicas como N versus Cu, Fe, P, Ca, K; Mg versus K, Ca; Ca versus K e, geralmente encontradas em culturas agrícolas.

Segundo CAMPOS (1991), em virtude das podas as quais é submetida, a erva-mate não possui forma arbórea típica, de modo que possíveis relações alométricas, na maioria das vezes, não podem ser descritas por equações citadas normalmente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O levantamento de campo foi feito em um povoamento homogêneo de erva-mate aos sete anos de idade no município de São Bento do Sul - SC, fazenda do Sr. Antônio Galkowski, Estrada Schramm, Km 3. O reflorestamento possui uma área de 51.000 m², espaçamentos regulares de 2 x 2 m, perfazendo um total aproximado de 11.000 erva-mates e densidade média de 2.200 árvores / hectare (Figura 2).

Segundo SANTA CATARINA/GAPLAN (1986), a região apresenta:

- a) Coordenadas: 26° 15' S e 49° 23' W.
- b) Altitude média: 807 m
- c) Relêvo regional: forte ondulado
- d) Clima: Cfb segundo KOEPPEN, temperatura média anual de 16,3° C, precipitação total de 1404,9 mm anuais e umidade relativa do ar entre 80 a 85% médios anuais. Temperatura média do mês mais quente (janeiro), entre 20 e 22° C; do mês mais frio (julho), entre 12 e 14° C e um excedente hídrico de 83,4%.
- e) Solos predominantes (escala 1:1.000.000): Cambissolo distrófico Ta e Tb A proeminente argilosa + Solos Litólicos eutróficos e distróficos A proeminente média folhelho ondulado e forte ondulado.
- f) Vegetação: Original- Floresta Ombrófila Mista Montana; Antrópica- agricultura, culturas cíclicas.

FIGURA 2: CROQUI DE CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.

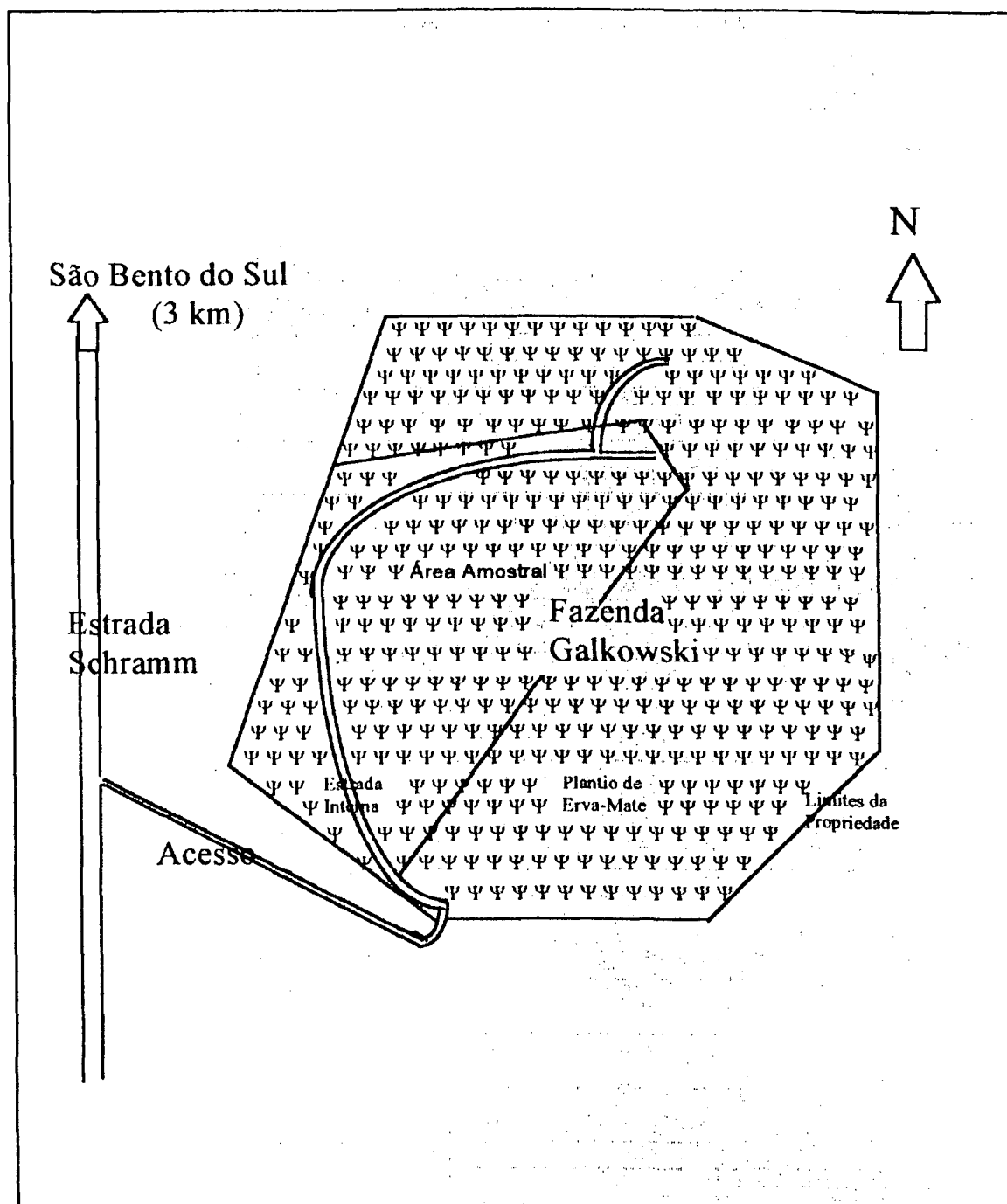
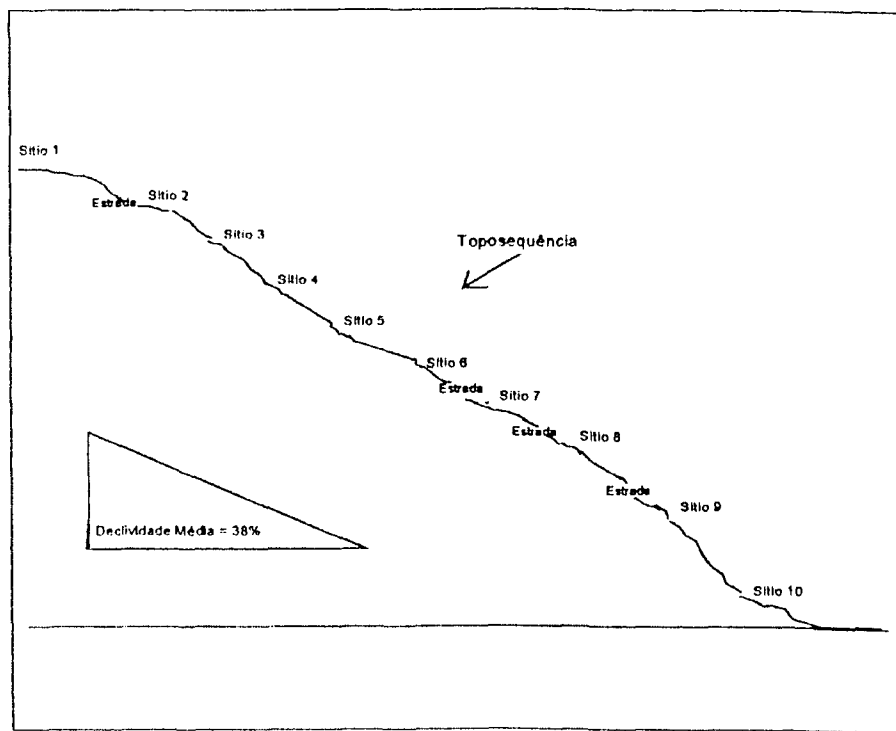


FIGURA 4: PERFIL ESQUEMÁTICO REPRESENTATIVO DOS SÍTIOS AMOSTRAIS NA ÁREA DE ESTUDO.



3.2.2 DIVISÃO QUANTO A DIOICIA

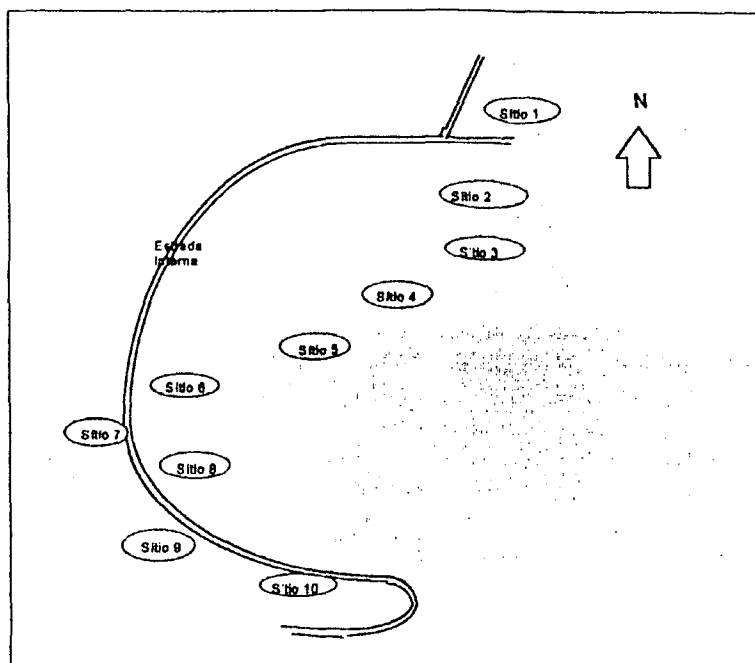
Foram alocadas quatro unidades ao longo da mesma toposequência, aproveitando a localização dos sítios amostrais 2, 4, 8 e 10. Cada unidade teve 5 grupos de 4 árvores femininas e o mesmo de masculinas, perfazendo 20 amostras de cada sexo. A identificação do sexo das árvores foi feita em outubro de 1994, na época de floração das erveiras, com auxílio de lupa.

3.2 DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES DE ESTUDO

3.2.1 SÍTIOS AMOSTRAIS

Foi escolhida uma pendente de exposição sul, representativa do povoamento. Ao longo da toposequência foram alocadas dez unidades com aproximadamente 50 metros de distância entre uma e outra. Cada sítio possuía uma área aproximada de 1.000 m^2 , onde foram alocadas 5 parcelas com 5 árvores cada, escolhidas aleatoriamente entre as dominantes e codominantes do sítio (Figuras 3 e 4).

FIGURA 3: DISPOSIÇÃO HORIZONTAL DOS SÍTIOS AMOSTRAIS NA ÁREA DE ESTUDO.



3.3 ANÁLISES FOLIARES

3.3.1 AMOSTRAGEM

Em agosto de 1994 foram coletadas as amostras de folhas das árvores dominantes e codominantes de cada parcela. As folhas foram coletadas do terço médio da copa e do terço médio dos ramos, retirando-se quatro ramos de cada quadrante por erva. Cada parcela de cinco árvores perfazia uma amostra composta, totalizando cinco parcelas por sítio num total de dez sítios amostrais, finalizando em 50 amostras. As amostras compostas foram imediatamente levadas ao Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná, onde separaram-se folhas de ramos, desprezando estes últimos. Em seguida foram retiradas aleatória e separadamente, 100 folhas de cada parcela.

Em fevereiro de 1995, época de frutificação das ervas, foram coletadas as amostras de folhas das árvores dominantes e codominantes entre masculinas e femininas da mesma forma que os sítios amostrais. Cada parcela de quatro árvores perfazia uma amostra composta, totalizando cinco parcelas por sítio num total de quatro sítios, finalizando em 20 amostras masculinas e 20 femininas.

A análise foliar para ervas masculinas e femininas, foi feita em material coletado na época de frutificação das árvores, configurando uma estação de crescimento diferente da analisada até aqui. A variação da data de coleta de material foliar foi propositalmente feita, procurando aguçar a percepção de diferenças entre os sexos. Em função de problemas operacionais do experimento, não se viabilizou o uso das mesmas amostras e variáveis para ambos os objetivos, sítio e dioiccia, mas a alta relevância da segunda informação, não poderia ser omitida, mesmo sem contar com as demais variáveis.

3.3.2 ANÁLISES QUÍMICAS

As folhas foram lavadas em água deionizada e levadas para secagem em estufa a 70°C até estabilização do peso e moídas até consistência a pó. Para a análise do N foi feita digestão com $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$, e determinação pelo método Semi-Micro Kjeldahl (MALAVOLTA *et al*, 1989). A seguir o material foi submetido a digestão nitroperclórica (via úmida) para análise de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al. O P foi determinado por colorimetria com vanadato-molibdato de amônio (cor amarela) e leitura em espectrofotômetro UV/VIS - 554 P.E. . A determinação do K foi por fotometria de emissão e Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al, por espectrofotometria de absorção atômica (TEDESCO *et al*, 1985). Para determinação do B, o material foi digerido por calcinação em mufla à 550° C e determinado por colorimetria com Azomethine-H (BASSON *et al*, 1969). Todas as digestões e determinações dos elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e B foram feitas no Laboratório de Fisiologia e Nutrição Vegetal da EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), na Estação Experimental de Caçador. A determinação do Al foi feita no Laboratório de Nutrição de Plantas do Depto. de Solos da Universidade Federal do Paraná em Curitiba (PR).

3.4 ANÁLISES DE SOLO

3.4.1 AMOSTRAGEM

Para a análise química da porção superficial do solo, em setembro de 1994, foram coletadas cinco subamostras de cada parcela, uma sob cada projeção de copa das erveiras escolhidas, de 0 - 20 cm de profundidade e, homogeneizadas para uma amostra composta por parcela, completando cinco amostras por sítio, em dez sítios, finalizando em 50 amostras. As amostras foram levadas para o Laboratório do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná e para o Laboratório de Análises de Solos da EPAGRI no Centro de

Pesquisa para Pequenas Propriedades em Chapecó (SC). A profundidade considerada foi adotada em função de constituir-se na amostragem clássica para estudos de fertilidade e devido a indicações da erva-mate possuir um sistema radicial que explora a porção superficial do solo.

Para análises complementares de fertilidade e classificação, em junho de 1995, toda área sofreu gradagem preliminar e logo após, uma gradagem detalhada com 10 pontos por sítio. Nestes pontos, procederam-se as mensurações e anotações necessárias para caracterização. Em cada sítio, foram coletadas, uma amostra do horizonte A e três amostras do horizonte B, de 20 - 40 cm, 40 - 60 cm e de 60 - 80 cm, que foram levadas ao Laboratório de Solos da UFPR para análises físicas e químicas com vistas a classificação dos solos.

3.4.2 ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

As amostras de solo da porção superficial (0-20 cm) e por sítio para classificação foram secas ao ar, moídas e passadas por peneira de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). Estas foram levadas para análise química no Laboratório do Departamento de Solos da UFPR onde foram determinados o pH em CaCl_2 para ambas, mais o pH em água a pH em KCl só para as amostras de classificação; Al^{+++} , $\text{H}^+ + \text{Al}^{+++}$, Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , P e C; e calculados T, m e V, segundo EMBRAPA (1979). No Laboratório de Solos da EPAGRI/CPPP foram determinados os teores de Fe, Mn, Cu e Zn, com HCl 0,1N segundo TUCKER & KURTZ (1955), nas amostras da porção superficial. Para a estimativa da porcentagem de matéria orgânica no horizonte A dos sítios, considerou-se a multiplicação da porcentagem de carbono por 1,72, conforme PRADO (1991).

Na análise física das amostras para classificação, foram determinadas as porcentagens de areia, silte e argila pelo método da pipeta, usando NaOH 1 N como dispersante.

3.4.3 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Em todos os sítios foram medidas a profundidade do Horizonte A com trado e auxílio de trena, precisão de 1 cm. A seguir foi feita a tradagem até 1,20 m de profundidade do sólum ou até encontrar a rocha, para medição dos horizontes B e C. Foram também mensuradas as declividades com auxílio de clinômetro. No local foi também estimado o tipo dos horizontes A e B, a ser conferida pelas análises química e física. Conforme as observações morfológicas à campo e análises das amostras de solo dos sítios, cada unidade foi classificada segundo EMBRAPA/SNLCS (1988).

3.5 ANÁLISES DA PRODUTIVIDADE

3.5.1 AMOSTRAGEM

O povoamento analisado, sofreu uma poda de exploração aos quatro anos de idade, como sua primeira e única intervenção, portanto, à tres anos do levantamento. Os critérios de manejo utilizados na oportunidade foram os tradicionais e dentro deste período, não houveram tratos silviculturais intensivos, além disso, as mudas que originaram o plantio, continham uma grande variabilidade genética. Esta condição, se por um lado dificulta a interpretação dos efeitos da nutrição nas variáveis de produtividade, por outro, retrata uma realidade em que o erval escolhido é representativo do tratamento dispendido à cultura na região.

Nos sítios amostrais, em novembro de 1994, foram coletados os dados referentes a todas as variáveis de produtividade, visando caracterizar os parâmetros de crescimento das erveiras. Em cada sítio, foram medidas as cinco árvores de cada parcela (repetição), completando as 50 amostras para cada variável.

3.5.2 VARIÁVEIS

Para caracterização da produtividade dos sítios foram consideradas as seguintes variáveis e respectivas abreviaturas, unidades e forma de mensuração:

- a) PMV - Peso da matéria verde de 100 folhas (g): quando da coleta de folhas para análise foliar, no Laboratório de Nutrição de Plantas da UFPR, foram tomadas outras 100 folhas aleatoriamente separadas do lote e imediatamente pesadas em balança analítica de precisão com duas casas decimais.
- b) PMS - Peso da matéria seca de 100 folhas (g): as mesmas folhas usadas para o PMV, foram secas em estufa à 70 °C até estabilização do peso e feita a pesagem seca como a anterior. O peso da matéria verde de 100 folhas, procurou simular o produto bruto da erva-mate propriamente dita, servindo como um índice. Da mesma forma, com o peso da matéria seca das mesmas 100 folhas, procurou-se inferir a qualidade de nutrição que conferisse maior peso seco, correspondente ao produto beneficiado da erva-mate, ou seja, para ambas, quanto maior o peso em uma mesma quantidade de folhas, maior a produtividade.
- c) Ht - Altura total das erveiras (m): medida com régua de 2 m, precisão de 0,1 m, do ápice ao solo.
- d) Hc - Altura da copa das erveiras (m): medidas com régua de 2 m, precisão de 0,1 m, do solo até a primeira inserção de ramo com folha no tronco e subtraída da altura total.
- e) APC - Área de projeção da copa das erveiras (m²): foram medidos quatro diâmetros da copa, projetados no solo sob a erva nos sentidos norte, sul, leste e oeste. Foi calculada a média aritmética destes diâmetros e aplicada a fórmula da área do círculo. Ao mensurar a área de projeção da copa, a abrangência da variável é mais representativa que o diâmetro de copa, por considerar toda variação de largura da copa ao ser projetada no solo. Sua limitação fica por conta de tratar-se de uma forma plana, e considerar a projeção, sempre como um círculo regular. A dendrometria considera como clássica, a relação diâmetro x altura, determinando o

volume de madeira, o que no caso da erva-mate, em função do produto final, poderia ser substituída pela relação área de projeção da copa x altura da copa, visto que são as variáveis mais representativas do volume de copa.

f) Dc - Diâmetro da copa a altura do peito (m): média aritmética de duas medidas horizontais (norte e sul) à 1,30 m do solo, com régua de 2 m, precisão de 0,1 m, com a intenção de simular o DAP, clássica variável da dendrometria. Devido a morfologia da erva-mate e seu manejo, a variável provavelmente possui pouca aplicação prática, porém o crescimento da copa em largura, poderia ser influenciada por algum parâmetro nutricional, passando a auxiliar no diagnóstico.

g) DAB - Diâmetro a altura da base do tronco (cm): foi medida a circunferência da base do caule junto ao solo com trena, precisão de 1 cm e transformado para diâmetro. Devido aos procedimentos de poda a que foram submetidas as ervaíras, houve a impossibilidade de eleger um tronco principal à 1,30 m de altura na planta, portanto, substituiu-se a mensuração do DAP por diâmetro a altura da base do tronco, ou seja, considerou-se a altura do tronco na superfície do solo, onde foi possível visualizar-se o tronco principal em todas as ervaíras.

h) AF - Área foliar útil de 100 folhas (cm²): as 100 folhas tomadas para medidas de PMV, após sua pesagem verde, foram imediatamente fotocopiadas e recortadas uma a uma de onde foram retiradas 3 folhas aleatoriamente de cada amostra. Estas foram medidas com papel milimetrado, pesadas 3 a 3 em balança analítica de precisão e obtidas 50 relações área x peso. A seguir foram pesadas as 100 folhas de papel de cada amostra e por regressão, calculadas as áreas foliares. A mensuração da área foliar é de grande importância, pois além de servir como variável clássica em estudos do gênero, constitui-se também no produto da erva-mate propriamente dito. Dentro de limites, a relação peso x tamanho de folha de erva-mate não é obrigatória, pois as variações na espessura, consistência e composição das folhas, poderiam

influenciar o peso. Neste caso porém, estas variações foram controladas porque o tamanho foi tomado pela área plana das folhas.

i) GAL - Grau de ataque de lagartas (%): de cada grupo de 100 folhas fotocopiadas, para cada uma, estimou-se a percentagem da folha verde atacada por lagarta, interpretada na falta de parte da folha, projetada teóricamente em intervalos de 5%. A porcentagem da amostra foi obtida da média ponderada das 100 porcentagens. Verificou-se que havia o ataque de pragas no erval, e dentre estas, o efeito das lagartas da erva-mate (*Thelosia camina* e *Hilesia sp.*), eram os mais evidentes. Tomou-se então a estimativa do ataque de lagartas como meio de relacionar a ação de insetos com a nutrição das ervaíras. A medida foi dotada de subjetivismo, pois a parte da folha que fora digerida pela lagarta, estimou-se pela projeção teórica da folha inteira e lhe foi atribuída uma percentagem de ausência de folha, em intervalos de 5%.

j) NDC - Nota para densidade de copa (sem unidade): para cada uma das ervaíras analisadas, foram atribuídas notas de 1 a 5 para o grau de densidade da copa. A nota 1 corresponde a copa translúcida, ou seja, aquela que se consegue visualizar de um lado ao outro da ervaíra independente da altura; a nota 5 é a copa fechada de um lado para o outro da ervaíra; as notas intermediárias variam dentro desta referência. Como auxílio a esta interpretação utilizou-se um gabarito com sombreamento correspondente às notas de 1 a 5. Em cada parcela, foi feita a média aritmética das notas para uma nota por repetição, resultando em notas com decimais para alguns casos. As notas atribuídas à densidade da copa das ervaíras, tiveram base nos critérios adotados por DA CROCE *et al* (1994), e cada planta foi classificada individualmente. As notas constituíram-se de números inteiros graduados de 1 a 5, da menos para mais densa, mas no cálculo das médias de cinco árvores por parcela e cinco parcelas por sítio.

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

3.6.1 ANÁLISES DE VARIÂNCIA

Foram feitas as análises de variância das variáveis da composição química foliar, das variáveis da composição química dos solos e das variáveis de produtividade, segundo um delineamento inteiramente casualizado com 10 tratamentos (sítios) e 5 repetições (5 parcelas de 5 árvores). As diferenças significativas entre as médias foram determinadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram feitas também, análises de variância das variáveis químicas foliares das erveiras masculinas e femininas segundo um delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos (sítios para dioícia) e 5 repetições (5 parcelas de 4 árvores); e as diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.6.2 ANÁLISES DE CORRELAÇÃO SIMPLES

Foram estabelecidas correlações lineares simples de todas as variáveis químicas do solo, todas as variáveis químicas foliares, com relação às variáveis de produtividade e entre si (SNEDECOR, 1966). Além da significância a 5% de probabilidade, considerou-se como significativas as correlações com coeficientes maiores que 0,60.

3.6.3 ANÁLISES DE REGRESSÃO MÚLTIPLAS

As análises de regressão múltiplas foram feitas usando o método STEPWISE (DRAPPER & SMITH, 1981), incluindo como variáveis dependentes, as de produtividade e como variáveis independentes, todas as químicas de solo e todas as químicas foliares separadamente e após, todas conjuntamente. Em todos os casos, o ajuste dos modelos obtidos foi testado e comparado usando os coeficientes de determinação múltipla, os valores de F da regressão múltipla e o desvio padrão (FREESE, 1964).

3.6.4 TESTE “t” PARA AMOSTRAS INDEPENDENTES

A verificação das diferenças entre os sexos foi feita pelo teste “t” para amostras independentes, considerando a toposequência como um todo, 20 repetições masculinas e 20 femininas para cada variável química foliar. Foram analisadas pelo mesmo teste para os quatro sítios para dioicia, com 5 repetições masculinas e 5 femininas, em cada sítio, de todas as variáveis químicas foliares.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SOLOS

4.1.1 RESULTADOS ANALÍTICOS E CLASSIFICAÇÃO DOS PERFIS

Os resultados analíticos dos perfis dos solos dos sítios 1 a 10, encontram-se no anexo 1 e a classificação dos solos da área de amostragem do povoamento no anexo 2.

Todos os solos da toposequência, apresentaram horizonte B incipiente e foram classificados como Cambissolos pobres em bases trocáveis, com exceção do sítio mais abaixo no gradiente topográfico que é eutrófico. O relevo do local, deve ser o fator ambiental determinante das variações encontradas. Quanto a profundidade do sólum, embora a toposequência ocorra em relevo acidentado, é sempre maior que 1,20 m, considerado profundo pelas classes de profundidade dos solos de EMBRAPA/SNLCs (1988).

Os sítios da metade superior da toposequência, e o sítio 7, apresentaram argila de atividade baixa (Tb), com valores da CTC inferiores a 24 cmol_c/Kg em 100 g de argila livre de carbono. Já nos sítios 6, 8, 9 e 10 foi encontrada argila de atividade alta (Ta).

O caráter álico encontrado nos sítios 1, 2, 3, 4 e 5, denota a baixa fertilidade e alta saturação por alumínio trocável. Nos sítios 6, 7, 8 e 9 o caráter é distrófico, onde a saturação por alumínio é menor, aumentam as bases trocáveis, mas continuam com baixa fertilidade. Apenas o sítio 10 apresentou solo eutrófico. Estando à base da toposequência provavelmente sofreu efeito de concentração de cálcio e magnésio trocáveis, lixiviado dos sítios superiores.

Os sítios 7 e 9 apresentaram horizonte A antrópico por encontrarem-se logo abaixo do corte de estrada, com isto houve a deposição de material sobre o solo, impossibilitando sua correta caracterização, devido a grande mistura superficial de porções de horizontes

subjacentes. Os demais sítios, apresentaram horizonte A moderado muito rasos (variaram entre 5 e 10 cm).

As texturas variaram de argilosa a muito argilosa, propriedades que proporcionam menor suscetibilidade à erosão, drenagem boa e altos valores de retenção de água, características de grande importância, tratando-se da declividade acentuada encontrada nos perfis (PRADO, 1991).

A fase de vegetação natural que ocorria na região, constituía-se da chamada Floresta Subtropical Perenifolia, hoje melhor caracterizada por VELOSO *et al* (1991), como Floresta Ombrófila Mista Montana, vegetação que mantinha a estabilidade da área, mesmo em condições de relevo acidentado. O uso intensivo ocasionou perdas por erosão e depois de sete anos de plantio de erva-mate, já se pode notar sinais de estabilização da área em alguns pontos.

O relevo local é predominantemente forte ondulado até montanhoso, constituindo-se no fator determinante de variações de algumas características edáficas dos sítios ao longo da toposequência, pois ocorreram perdas por erosão dos sítios superiores e adições nos inferiores, o que tornou o sistema muito instável, sendo recomendável neste caso, para culturas perenes com pouca exigência de fertilidade como a erva-mate.

Os sítios 1 a 6 apresentaram teores variando de 5,3 a 8,6% de matéria orgânica, valores considerados altos pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO -RS/SC (1994). Nos sítios 7 e 9 não foi calculada a porcentagem de matéria orgânica na camada superficial, por possuírem Horizonte A antrópico. Nos sítios 8 e 10 foi 4,6%, classificando-se como valores médios.

A acidez dos solos de todos os sítios, foi demonstrada pela análise do pH por três métodos, apresentando-se sempre um pouco maior em H₂O, depois em KCl e pouco menor em CaCl₂. Os valores encontrados são extremamente ácidos para os sítios 2 e 3 e fortemente ácidos para os demais, segundo classificação de EMBRAPA/SNLCS (1988).

O sítio 1 apresentou 7,0 mg/Kg de P assimilável no horizonte superficial, valor classificado como médio pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC (1994) e MALAVOLTA *et al* (1989). Segundo a primeira fonte, os sítios 2, 3, 4 e 5 possuem valores muito baixos de P assimilável (2,0 mg/Kg). Nos demais sítios 6, 7, 8, 9 e 10, os teores de P assimilável são considerados limitantes ou baixos respectivamente (1,0 mg/Kg). Estes fatos, confirmam a pobreza em P disponível nos solos do local, com exceção do sítio 1. Segundo os mesmos autores, as bases trocáveis Ca + Mg possuem valores adequados nos sítios 1, 6, 8 e 10, médios nos sítios 4 e 5 e baixos nos sítios 2 e 3. Quanto ao K trocável, são considerados teores adequados nos sítios 1, 6 e 8, e médios nos sítios 2, 3, 4, 5 e 10. Em consequência, a soma das bases (S), segue a tendência de Ca e Mg, regendo desta forma, o comportamento da saturação por bases (V) encontrada. Para o Al trocável, os valores são baixos somente no sítio 10, médios no sítio 8 e altos em 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Assim, a saturação por alumínio (m%), apresentou comportamento proporcional às variáveis que lhe deram origem. A CTC é sempre maior nos horizontes superficiais, devido a contribuição da matéria orgânica à CTC total.

4.1.2 ANÁLISE DA FERTILIDADE

A interpretação da fertilidade dos solos analisados na camada de 0 - 20 cm de profundidade foi feita com base nos resultados analíticos apresentados no anexo 3. No anexo 4 são apresentados os resultados das análises de variância realizadas com as variáveis químicas da fertilidade dos solos (0-20 cm). Na tabela 1 são apresentadas as comparações das médias das variáveis químicas do solo.

As diferenças entre os sítios quanto às variáveis químicas do solo foram estatisticamente significativas ao nível de 5 e 1% de probabilidade, indicando a influência dos teores dos elementos químicos nos sítios.

TABELA 1: TESTE DE MÉDIAS DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO EM FUNÇÃO DO SÍTIO DO PLANTIO DE ERVA-MATE, 7 ANOS, S. BENTO SUL (SC).

pH CaCl ₂		Al ⁺⁺⁺ (cmol _c / Kg)		H ⁺ +Al ⁺⁺⁺ (cmol _c / Kg)		Ca ⁺⁺ (cmol _c / Kg)		Mg ⁺⁺ (cmol _c / Kg)	
Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média
9	4,96 a	2	5,36 a	3	15,82 a	9	9,50 a	8	3,78 a
10	4,90 a	3	5,18 a	2	15,40 a	8	9,06 a	9	3,12 ab
8	4,90 a	4	4,06 ab	4	14,90 a	10	7,86 a	6	3,06 ab
7	4,32 b	5	3,86 abc	5	13,68 ab	6	3,74 b	7	3,04 ab
6	4,26 b	1	3,08 bcd	1	13,50 ab	7	3,30 bc	10	2,72 bc
5	4,06 bc	6	2,18 cd	6	11,18 bc	1	2,82 bc	1	1,92 cd
1	3,94 cd	7	1,76 de	7	9,76 c	5	1,98 bcd	5	1,28 de
4	3,90 cd	8	0,30 e	8	6,94 d	4	1,04 cd	4	0,90 e
3	3,74 d	9	0,22 e	10	6,66 d	3	0,50 d	3	0,62 e
2	3,72 d	10	0,10 e	9	6,10 d	2	0,48 d	2	0,58 e
K ⁺ (cmol _c / Kg)		T (cmol _c / Kg)		P (mg/Kg)		C (g/Kg)		m (%)	
Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média
7	0,402 a	8	20,02 a	1	9,40 a	4	40,2 a	2	81,46 a
1	0,290 ab	9	18,86 ab	2	3,40 b	2	37,6 ab	3	80,82 a
10	0,268 bc	1	18,52 abc	5	2,80 b	8	34,4 abc	4	65,70 ab
8	0,228 bcd	6	18,20 abc	4	2,80 b	5	34,2 abc	5	52,74 bc
6	0,220 bcd	10	17,50 bc	3	2,80 b	1	32,8 abc	1	38,04 cd
5	0,212 bcd	5	17,16 bc	10	2,20 b	3	32,0 abc	6	23,74 de
4	0,186 bcd	4	17,04 bc	8	1,60 b	10	27,8 bcd	7	20,68 de
9	0,160 bcd	3	17,04 bc	7	1,40 b	6	27,4 cd	8	2,40 e
2	0,154 cd	2	16,62 c	6	1,20 b	9	24,4 cd	9	1,96 e
3	0,130 d	7	16,52 c	9	1,00 b	7	20,4 d	10	1,08 e
V (%)		Fe (%)		Mn (mg /Kg)		Cu (mg /Kg)		Zn (mg /Kg)	
Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média
9	67,44 a	1	0,428 a	10	123,00 a	4	6,60 a	10	5,96 a
8	65,30 a	10	0,344 b	8	78,80 b	6	4,38 b	6	2,88 b
10	61,64 a	6	0,340 b	7	77,40 b	5	4,38 b	5	2,74 b
7	40,96 b	9	0,304 bc	9	65,80 bc	3	3,44 bc	9	2,62 b
6	38,74 bc	8	0,304 bc	6	64,00 bc	10	2,92 bcd	7	2,60 b
1	27,30 cd	5	0,272 c	1	50,40 bcd	9	2,68 bcde	1	2,58 b
5	20,28 de	2	0,266 cd	5	39,60 bcd	8	2,22 cdef	8	2,30 b
4	12,46 e	4	0,262 cd	3	34,00 cd	7	1,42 def	4	2,18 b
2	7,42 e	7	0,248 cd	4	33,80 cd	1	1,00 ef	2	1,54 b
3	7,32 e	3	0,202 d	2	16,60 d	2	0,52 f	3	1,42 b

Obs.: médias seguidas de mesma letra, são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O pHCaCl_2 variou de 3,6 a 5,1, com média de 4,3 e um coeficiente de variação de 11,4%, todos classificáveis como fortemente a extremamente ácidos segundo EMBRAPA/SNLCS (1988). Os valores de pH, foram estatisticamente superiores aos demais nos sítios 9, 10 e 8, que foram iguais entre si, seguidos dos sítios 7, 6 e 5, diminuindo mais nos sítios 1, 4, 3 e 2, ou seja, de cima para baixo no gradiente topográfico, os valores de pH aumentaram, o que pode ser creditado à lixiviação das bases.

O alto grau de acidez, nem sempre conferiu altas taxas de alumínio trocável, que variou de 0 até 6,3 cmol_e/Kg , média de 2,6 cmol_e/Kg , mas com alto coeficiente de variação. Quando verificou-se a acidez potencial do solo, os valores de $\text{H} + \text{Al}$ ficaram entre 5,3 e 16,3 cmol_e/Kg e média de 11,4 cmol_e/Kg , variando 33,8%. A saturação por alumínio, apresentou variação de 0 a 89%, logicamente com altíssimo coeficiente de variação, classificando os sítios superiores como álicos e os mais abaixo na pendente como distróficos, até eutrófico na base.

O cálcio trocável, com média de 4,0 cmol_e/Kg , apresentou coeficiente de variação muito alto, com teores mínimos nos sítios superiores (0,3 a 0,4 cmol_e/Kg), e os maiores nos sítios inferiores (10 e 11 cmol_e/Kg). Os níveis são considerados baixos na maioria dos sítios, embora alguns apresentem níveis médios (6 e 7), até valores altos (8, 9 e 10), pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC (1994).

O magnésio trocável em média de 2,1 cmol_e/Kg e coeficiente de variação de 56,8%, comportou-se semelhantemente ao cálcio, 0,3 a 0,4 cmol_e/Kg como valores mínimos e 4,0 a 4,8 cmol_e/Kg como máximos, oscilando nas faixas de níveis baixos (sítios 2, 3, 4 e 5), médios (1 e 10) e altos (6, 8 e 9).

Para o Ca trocável, a distribuição dos valores nos sítios foi quase idêntica ao do pH, tendo os sítios 9, 8 e 10 apresentando teores médios estatisticamente, iguais entre si e superiores aos demais. Os teores de Mg trocável seguiram a mesma tendência, porém com diferenças mais sutis entre os sítios.

Ao contrário, os teores de Al trocável e acidez total (H + Al) no solo, diminuíram de cima para baixo na toposequência. A mesma tendência foi encontrada na saturação por alumínio (m).

Os teores de potássio trocável em todo transecto variaram entre 0,12 e 0,46 cmol_c /Kg, com média próxima aos 0,23 cmol_c /Kg e variação de 42%. Os níveis também encontram-se nas três faixas de classificação, porém irregularmente distribuídos na toposequência. Observaram-se diferenças estatisticamente significativas entre os sítios para K trocável, não apresentando no entanto, nenhuma tendência definida em relação a pendente.

A saturação por bases, apresentou valor V de 5 a 73% em alta variação de 66,9%, semelhante as bases trocáveis Ca e Mg. Quanto aos sítios, a variável distribuiu-se conforme o esperado, seguindo a mesma tendência das bases trocáveis, principalmente Ca.

A capacidade de troca catiônica mostrou-se muito regular, pois seu coeficiente de variação foi de 8,11% em torno da média de 17,8 cmol_c /Kg, variando entre 21,8 e 14,5 cmol_c /Kg, irregularmente distribuídos. A distribuição da CTC não apresentou relação com a toposequência, demonstrando porém, pequena superioridade para o sítio 8, com valores absolutos muito próximos.

Os solos apresentaram valores de P extraível, classificados como limitantes na maioria dos casos, ou muito baixos e, em alguns casos teores médios. A média ficou em 2,86 mg/Kg, com coeficiente de variação superior a 90%, devido aos teores das primeiras parcelas em torno de 8, 9 até 15 mg/Kg, enquanto o restante ficou entre 1, 2 e 3 mg/Kg. Não fosse a alta concentração no sítio 1, todos os sítios seriam estatisticamente iguais, por apresentarem pouca variação. Provavelmente houve a administração de alguma fonte de P no sítio 1, da qual não se dispõe da informação, pois não ocorreu outro fator que possa ter contribuído para os altos níveis encontrados.

A concentração de carbono nos sítios, distribuiu-se irregularmente ao longo da toposequência, apresentando pequena superioridade na parte superior da encosta.

Com relação aos micronutrientes no solo, o Fe apresentou a maioria dos valores na faixa considerada média e poucas parcelas com baixos teores. Foram encontrados níveis adequados somente nas primeiras parcelas e em outras distribuídas irregularmente na toposequência. O coeficiente de variação ficou em torno dos 22%. Destacou-se o sítio 1 com teores estatisticamente superiores aos demais, que acusaram diferenças entre si, mas sem relação com a disposição da pendente.

O Mn apresentou valores quase sempre altos, e em alguns casos, muito altos. O valor mínimo foi de 8 mg/Kg, mas chegou a 150 mg/Kg em uma parcela, com a média de 58 mg/Kg e variação de 59%. Nas últimas parcelas, correspondentes ao sítio 10, os valores ficaram em torno de 120 mg/Kg. No sítio 10 (base), constatou-se elevado acúmulo de Mn em relação aos demais, que também acusaram diferenças entre si, formando um gradiente de distribuição semelhante ao pH do solo. Talvez tenha ocorrido encharcamento do solo, condição que facilita a redução do Mn para forma mais disponível no solo. Este acúmulo de umidade excessiva pode ter ocorrido em alguma época do ano, devido a condição topográfica do sítio, mas o fato não foi constatado no campo.

Cobre e zinco, tiveram médias de 2,96 e 2,68 mg/Kg respectivamente e coeficientes de variação em torno dos 65%. Para estes dois micronutrientes, todos os valores encontrados estão dentro dos níveis considerados adequados de acordo com COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO RS/SC (1994). Houve também acúmulo de Zn no sítio 10, superior aos demais que mostraram-se estatisticamente iguais entre si. Já para o Cu não se estabeleceu nenhum gradiente, apresentando-se o sítio 4 estatisticamente superior aos demais, que distribuíram-se irregularmente.

4.1.3 CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO

Os coeficientes de correlações lineares simples estabelecidas entre as variáveis químicas da fertilidade do solo (0-20cm), são apresentadas na matriz de correlações da tabela 2.

TABELA 2: MATRIZ DE CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS QUÍMICAS DE FERTILIDADE DO SOLO DO POVIMENTO DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC).

VARIÁVEIS	pH	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	T	P	C	m	V	Fe	Mn	Cu	Zn
	CaCl ₂	cmol _c / Kg						mg/kg	g/kg	%			mg/kg		
pH CaCl ₂	1,00														
Al ³⁺	-0,95 *	1,00													
H+Al	-0,97 *	0,97 *	1,00												
Ca ²⁺	0,97 *	-0,92 *	-0,94 *	1,00											
Mg ²⁺	0,82 *	-0,86 *	-0,85 *	0,80 *	1,00										
K ⁺	0,15	-0,30 *	-0,25	0,09	0,38 *	1,00									
T	0,45 *	-0,38 *	-0,33 *	0,59 *	0,55 *	-0,06	1,00								
P	-0,41 *	0,30 *	0,38 *	-0,31 *	-0,31 *	0,17	-0,00	1,00							
C	-0,32 *	0,37 *	0,39 *	-0,27	-0,49 *	-0,38 *	-0,04	0,28 *	1,00						
m	-0,92 *	0,99 *	0,95 *	-0,90 *	-0,90 *	-0,35	-0,42 *	0,28	0,43 *	1,00					
V	0,98 *	-0,97 *	-0,98 *	0,97 *	0,89 *	0,23	0,50 *	-0,33 *	-0,39 *	-0,97 *	1,00				
Fe	0,25	-0,34 *	-0,26	0,31 *	0,36 *	0,26	0,39 *	0,45 *	-0,07	-0,41 *	0,34 *	1,00			
Mn	0,73 *	-0,77 *	-0,74 *	0,88 *	0,70 *	0,25	0,27	-0,22	-0,39 *	-0,77 *	0,75 *	0,27	1,00		
Cu	-0,10	0,12	0,18	-0,16	-0,19	-0,15	-0,09	-0,27	0,14	0,16	-0,18	-0,21	-0,10	1,00	
Zn	0,47	-0,45 *	-0,43 *	0,41 *	0,32 *	0,04	0,12	-0,04	0,01	-0,45 *	0,43 *	0,19	0,64 *	-0,05	1,00

Obs.: * significativo a 5% de probabilidade

Coeficientes de correlação > 0,60

O pH do solo, foi fator determinante do comportamento de várias variáveis ligadas à reação ácida do solo. Altas correlações negativas foram obtidas com o Al trocável, acidez total e a saturação por alumínio. Em síntese, quanto mais alto o pH, menor a concentração de Al no solo. Neste raciocínio, também altas, porém positivas, foram as correlações do pH com as bases trocáveis Ca e Mg e com a saturação por bases. Todas estas correlações traduzem a coerência dos métodos de análise utilizados, uma vez que são relações clássicas e esperadas. Portanto, os sítios não denotam nenhuma condição especial em relação a estas variáveis.

Os valores do Mn apresentaram correlações positivas com o pH do solo ($r = 0,73$), Ca ($r = 0,68$), Mg ($r = 0,70$) e valor V ($r = 0,75$), e ainda negativa com Al ($r = -0,77$), H + Al ($r =$

-0,74) e valor $m(r = -0,77)$. Ao contrário, MALAVOLTA & KLIEMANN (1987), mostraram que a disponibilidade do Mn no solo, diminui com o aumento do pH entre 4 e 8, enquanto MENGEL & KIRKBY (1987), detalham que à pH entre 4 e 5,5 a disponibilidade do Mn é alta e estável e só a partir daí começa a decair, portanto, faixa em que se encontram os valores levantados neste trabalho. A alta concentração de Mn encontrada no caso, é coerente e dentro de níveis compatíveis com solos fortemente ácidos. A questão do acúmulo do Mn em alguns pontos da toposequência, em especial no sítio 10, pode ser justificada pelo mecanismo de condições de drenagem e redutoras do Mn no solo que ocorre em locais sujeitos a altos índices de umidade (MENGEL & KIRKBY, 1987). Embora não observado, o sítio 10 está sujeito ao acúmulo de umidade, por se tratar da base da pendente e na forma reduzida o Mn torna-se mais disponível. Comparativamente, o Al foi neutralizado, enquanto isto não ocorreu ao Mn, podendo ser que um valor de pH suficiente para eliminar o excesso de Al, não o seja para diminuir o excesso de Mn, ou pode ser que a matéria orgânica reteve mais Al do que Mn.

As demais correlações obtidas, envolvem as mesmas variáveis comentadas e continuam a confirmar os mecanismos de disponibilização de bases e alumínio. O K trocável, a CTC, os níveis de P, a percentagem de C e os micronutrientes Fe, Cu e Zn, não mostraram influência de maneira expressiva nas variáveis analisadas, nestas condições de estudo.

4.2 TECIDOS FOLIARES

4.2.1 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES

Os resultados da análise foliar são apresentados no anexo 5. Os resultados das análises de variância dos elementos químicos contidos nas folhas de erva-mate são apresentados no anexo 6 e as comparações das médias pelo teste de Tukey são apresentadas na tabela 3.

TABELA 3:TESTE DE MÉDIAS DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES EM FUNÇÃO DO SÍTIO DO PLANTIO DE ERVA-MATE, 7 ANOS, S. BENTO SUL (SC).

N (g/Kg)			P (g/Kg)			K (g/Kg)			Ca (g/Kg)		
Sítio	Média		Sítio	Média		Sítio	Média		Sítio	Média	
2	24,56	a	10	1,96	a	1	12,28	a	6	10,88	a
4	24,20	a	1	1,88	a	7	11,94	a	8	10,48	a
1	23,42	ab	7	1,18	b	2	11,26	a	10	10,08	ab
3	22,76	abc	4	0,86	b	4	10,94	a	9	9,76	abc
5	21,64	abc	3	0,86	b	5	10,52	a	7	9,14	abc
7	21,24	abc	2	0,86	b	9	10,50	a	5	8,98	abc
8	21,04	abc	9	0,84	b	10	10,14	a	1	8,74	abc
6	19,86	bcd	8	0,82	b	8	10,00	a	4	8,56	abc
9	19,36	cd	6	0,82	b	6	9,72	a	3	7,90	bc
10	17,16	d	5	0,82	b	3	8,18	a	2	7,36	c
Mg (g/Kg)			Fe (ppm)			Mn (ppm)			Cu (ppm)		
Sítio	Média		Sítio	Média		Sítio	Média		Sítio	Média	
6	9,70	a	8	228,80	a	7	3434,0	a	1	9,600	a
9	9,56	a	9	209,40	ab	3	3092,0	ab	2	9,400	a
8	9,16	ab	10	201,80	ab	5	2931,6	ab	4	8,600	ab
10	9,00	abc	5	164,60	abc	4	2606,0	abc	3	8,000	ab
7	8,28	abc	7	149,00	bc	6	2368,4	abcd	10	7,800	ab
1	8,16	abc	6	145,00	bc	2	1972,6	bcd	5	7,600	ab
5	7,78	abc	3	135,60	c	10	1531,0	cd	8	7,400	ab
3	7,20	bc	4	133,60	c	1	1495,6	cd	7	7,400	ab
4	7,08	bc	2	122,20	c	8	1303,2	cd	9	6,800	b
2	6,76	c	1	115,00	c	9	1085,2	d	6	6,400	b
Zn (ppm)			B (ppm)			Al (ppm)					
Sítio	Média		Sítio	Média		Sítio	Média				
6	130,20	a	10	73,60	a	6	1272,0	a			
10	129,40	a	8	69,60	ab	7	1256,0	a			
9	119,80	ab	9	66,20	abc	5	1212,0	ab			
7	98,00	abc	6	62,60	abc	4	1176,0	abc			
8	93,20	abcd	7	61,40	abc	8	1156,0	abc			
5	92,20	abcd	4	56,20	abc	3	1040,0	abc			
1	77,80	bcd	5	53,40	bc	10	998,0	abc			
4	71,00	bcd	1	51,20	bc	2	920,0	bc			
2	57,00	cd	3	50,80	bc	1	868,0	c			
3	45,20	d	2	47,80	c	9	860,0	c			

Obs.: médias seguidas de mesma letra, são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os teores de N nas folhas de erva-mate variaram em média de 17,2 a 24,6 g/Kg, sendo considerados médios a baixos segundo SOSA (1992). REISSMANN & PREVEDELLO (1992) encontraram teores de 29 g/Kg, que consideraram elevado. RADOMSKI *et al* (1992 b) afirmam que valores maiores de 23 g/Kg são adequados. De 21,9 a 24,3 g/Kg foi considerado normal por CAMPOS (1991). Para REISSMANN *et al* (1985) os valores levantados ficaram entre 19,2 e 22 g/Kg e no trabalho de REISSMANN *et al* (1983), 15 a 22 g/Kg foram

considerados satisfatórios na ocasião, embora tenham sido os primeiros trabalhos com a espécie. Foi o elemento que apresentou o menor coeficiente de variação, mesmo assim variou entre faixas de diferentes classificações dos diversos autores, como bons, médios até baixos suprimentos. O suprimento foliar de N, praticamente acompanhou o transecto, com valores tendendo a diminuir de cima para baixo. Os níveis apresentados nos sítios da metade inferior da toposequência, principalmente 6, 9 e 10, podem ser considerados baixos segundo vários autores citados anteriormente.

Os níveis de P foliares, revelaram-se baixos (1,1 g/Kg em média), ao serem comparados com as demais espécies vegetais (MALAVOLTA *et al*, 1989), mas dentro do esperado para erva-mate. Apenas os sítios do topo e da base apresentaram valores mais altos, o que elevou bastante o coeficiente de variação. O restante dos valores foram regulares em torno de 0,8 - 0,9 g/Kg. Trabalhos anteriores tem demonstrado este perfil para o P foliar em erva-mate. REISSMANN *et al* (1983) já considerou baixos valores entre 1,02 e 1,13 g/Kg. De acordo com REISSMANN *et al* (1985) foram encontrados 1,7 g/Kg em julho e 1,2 g/Kg em outubro. CAMPOS (1991) encontrou entre 1,0 e 1,2 g/Kg em idades semelhantes ao presente trabalho. REISSMANN & PREVEDELLO (1992) mediram valores mais baixos, entre 0,5 e 0,7 g/Kg, mesmo com aumento da calagem. Já RADOMSKI *et al* (1992 b) consideraram baixos os valores entre 0,8 e 2,0 g/Kg para folhas jovens e médios os encontrados para folhas velhas de 2,3 a 2,8 g/Kg. Na classificação de SOSA (1992), estes valores se encaixam entre os considerados baixos. As constatações vem mais uma vez em favor da afirmação que estes baixos teores correspondem a uma característica da espécie, hipótese levantada em alguns dos trabalhos citados, porque mais uma vez não foram observados sintomas de deficiência entre as ervaíras. O teor de P no sítio do topo (sítio 1) e da baixada (sítio 10) da toposequência são iguais entre si e superiores aos demais sítios intermediários, que não diferiram estatisticamente entre si. O sítio 1 deve ter sofrido a interferência da incorporação de alguma fonte de fósforo,

cuja informação não se acham disponíveis, pois seus níveis foram muito elevados em relação aos demais, possivelmente disponibilizando maior concentração do elemento para absorção pela planta. Já no sítio 10, embora os níveis de P no solo sejam iguais aos demais sítios, na planta, devido ao baixo crescimento, provavelmente ocorreu o efeito de concentração. Este efeito também explicaria os baixos teores de P nas folhas de erva-mate nos demais sítios onde a reação do solo é muito ácida. A afirmativa de que os baixos níveis foliares de P na erva-mate é um comportamento característico (REISSMANN *et al*, 1983, 1985, 1991; RADOMSKI *et al*, 1992 b e REISSMANN & PREVEDELLO 1992), deve estar associado à área de distribuição natural da planta em solos ácidos (OLIVEIRA & ROTTA, 1985), naturalmente dificultando a absorção deste nutriente. MARSCHNER (1986) comenta a adaptação de algumas plantas a solos ácidos, com baixa disponibilidade de P, devido a alta concentração de Al, podendo auxiliar no esclarecimento do comportamento da erva-mate sobre os solos estudados

A concentração de K nas folhas de erva-mate (8 a 13 g/Kg) em relação a outros trabalhos com a espécie, foi mais baixa. REISSMANN *et al* (1983) encontrou entre 14,1 - 18,1 g/Kg. Também mais altos foram os resultados de REISSMANN *et al* (1985), de 15,9 a 18,6 g/Kg, novamente mais altos em REISSMANN & PREVEDELLO (1992), variando de 1,61 a testemunha, até 21 g/Kg com máxima calagem. Porém CAMPOS (1991), na faixa de 12,2 a 14,9 g/Kg considera dentro da variação da maioria das folhosas. SOSA (1992) considera estes valores baixos para erva-mate e RADOMSKI *et al* (1992 b) coloca que para folhas jovens, este seria um valor adequado, porém muito baixos para folhas velhas. Apenas os teores foliares de K não acusaram diferença estatística entre os sítios, demonstrando não ser influenciado pelas características do gradiente topográfico. Os níveis encontrados nas folhas poderiam ser considerados baixos em relação aos trabalhos anteriores, mas os níveis no solo nem sempre foram baixos e não houve coincidência de sítios, podendo ter ocorrido

carência oculta deste elemento em todo o povoamento, se não evidenciado consumo de luxo nos trabalhos anteriores.

Os valores de Ca e Mg nas folhas de erva-mate tiveram um comportamento muito semelhante entre si. Os níveis encontrados (Ca de 7,3 a 10,9 e Mg de 6,8 a 9,7 g/Kg), estão na faixa de níveis considerados altos em relação a todos os trabalhos com a espécie, citados anteriormente. Pelo teste de médias, o comportamento de Ca e Mg foi novamente coincidente, mostrando uma tendência sutil de aumento de cima para baixo no gradiente topográfico. Como a tendência foi semelhante para Ca e Mg trocáveis no solo, evidencia-se que estes tenham sido acumulados nos solos dos sítios mais abaixo e proporcionalmente disponibilizados à absorção. Considerando-se os resultados das mesmas variáveis no solo, supõe-se que o fator mais influente na determinação da absorção de nutrientes possa ser a reação do solo, condicionada pela disposição dos sítios em gradiente topográfico.

Os teores foliares de Fe variaram de um mínimo de 94 a um máximo de 306 ppm, com média em torno de 160 ppm. No geral, os valores obtidos no presente trabalho encontram-se pouco acima dos anteriores com erva-mate. REISSMANN *et al* (1983) encontraram de 88 a 113 ppm. REISSMANN *et al* (1987), 99 ppm, RADOMSKI *et al* (1992 b) encontraram valores mais baixos ainda, embora considerando adequados (25,08 - 78,66 ppm para folhas jovens e entre 69,58 - 158,66 ppm em folhas velhas). SOSA (1992) encontrou 84 ppm para o Fe foliar em erva-mate como valores médios gerais na região ervateira da Argentina, mas considera valores acima de 100 ppm como altos níveis. Em REISSMANN *et al* (1994), os níveis de Fe variaram de 40 a 183 ppm nas folhas de erva-mate. Pelos indicativos, os valores medidos neste trabalho são altos até muito altos em alguns sítios. Observou-se para Fe foliar, a superioridade dos sítios 8, 9 e 10 em relação aos mais acima na toposequência (3, 4, 2 e 1), demonstrando que os valores cresceram de cima para baixo. O comportamento indica que houve maior absorção de Fe nos sítios da base, os mesmos que possuem o maior pH no solo,

mas ainda dentro de faixas muito ácidas. Assim, o potencial redox deve estar favorecendo este comportamento, da mesma forma que observada para o Mn.

Os níveis de Mn foram muito elevados comparando com outros vegetais, com um mínimo de 690, máximo de 5750 ppm e média de 2182 ppm, com alto coeficiente de variação (44%). Os valores são bastante elevados quando comparados também com trabalhos anteriores com erva-mate. REISSMANN *et al* (1983), observaram entre 1600 e 2287 ppm, REISSMANN *et al* (1987) 1810 ppm, RADOMSKI *et al* (1992 b) 550 ppm para folhas jovens e 1500 ppm para folhas velhas, que já foram considerados elevados. SOSA (1992) encontrou 1000 ppm na Argentina, mas considera valores altos acima de 1400 ppm e, REISSMANN *et al* (1994) encontraram valores entre 350 e 3250 ppm. O efeito do sítio para o Mn foliar não guardou nenhuma relação com a toposequência, mas variou muito. O fato do sítio 7 apresentar a maior média é devido a apenas uma parcela que apresentou mais de 5000 ppm nas folhas isoladamente, forçando o valor para cima. No geral, a distribuição dos teores na toposequência foi bastante estratificada em grupos de médias homogêneas. Os altos níveis de Mn nas folhas de erva-mate em todos os sítios, confirmando o resultado de trabalhos anteriores, levaram a suspeita da espécie situar-se entre as Mn-tolerantes, como exposto por MARSHNER (1986). Segundo o autor existe um genótipo que determina tolerância a altas concentrações de Mn no meio físico e dentro da planta.

Teores entre 5 e 12 ppm de Cu foram encontrados nas folhas de erva-mate, com média de 7,9 ppm e um coeficiente de variação de 18%. REISSMANN *et al* (1983 e 1987) consideraram valores elevados em torno dos 20 ppm. Níveis de 14,83 a 32,41 ppm para folhas jovens e 7,66 a 19,75 ppm nas folhas velhas no trabalho de RADOMSKI *et al* (1992b) foram considerados elevados. Em REISSMANN *et al* (1994), o Cu apresentou uma variação de 8 - 16 ppm. Com a amplitude apresentada e a inexistência de sintomas de deficiência ou excesso, pode-se supor que estes resultados sejam normais para a espécie.

Pela comparação das médias, os teores foliares de Cu foram mais elevados nos sítios 1 e 2, mas não diferiram estatisticamente dos sítios 4, 3, 10, 5, 8 e 7. Já os sítios 6 e 9 resultaram nos valores mais baixos, diferentes de 1 e 2, mas também não diferiram dos demais. Os sítios do topo mostraram erveiras mais bem nutridas neste micronutriente que os da base, mas não é possível detectar uma tendência geral coincidente com a pendente.

Os teores de Zn nas folhas de erva-mate variaram de 30 - 158 ppm e os de B ficaram entre 43 e 84 ppm. Ambos os nutrientes, ao serem comparados com os demais trabalhos já citados com a espécie os colocam na faixa de bom suprimento. Ao contrário do Cu, as médias de Zn foliar tendem a aumentar de cima para baixo no gradiente topográfico. O teste de Tukey estratificou os níveis em vários grupos homogêneos sem denotar grandes diferenças. O comportamento do B nas folhas de erva-mate em relação aos sítios é muito semelhante as micronutrientes Fe e Zn, com a sequência numérica dos sítios um pouco mais evidente no sentido do aumento do teor de cima para baixo na toposequência.

Altos teores de Al nas folhas da maioria das plantas é considerado tóxico. Neste trabalho, o Al foliar variou de um mínimo de 600 ppm a um máximo de 1400 ppm, com média de 1075 ppm. Os valores encontrados para erva-mate neste experimento, são bastante elevados, mas resultados semelhantes foram constatados por REISSMANN *et al* (1983), (938 a 1050 ppm) e, REISSMANN & PREVEDELLO (1992), consideraram como alto valor os 800 ppm encontrados. Segundo SOSA (1992), os valores encontrados nesta pesquisa estariam bem acima do nível considerado alto. Em RADOMSKI *et al* (1992 b), REISSMANN *et al* (1993) e REISSMANN *et al* (1994) observaram valores inferiores, mas já considerados altos. Assim, neste estudo, os níveis de Al podem ser considerados altíssimos. Como não foi constatado nenhum tipo de anomalia nas erveiras em função do Al foliar, confirmando os estudos anteriores, o presente experimento vem reforçar a hipótese da erva-mate ser uma planta calcífuga, baseado nas afirmações de MARSCHNER (1986), em que plantas deste

grupo, dispõe de mecanismos capazes de tolerar as condições de acidez dos solos, com o acúmulo de Al nas folhas, sem prejuízos ao desenvolvimento. As concentrações de Al encontradas, variaram muito em valores numéricos, mas dentro de altas faixas, não apresentando nenhuma evidência de que as diferenças entre os sítios, acusadas no teste de médias, tenha distribuição relacionada a sequência destes na pendente. Os sítios 6 e 7 foram superiores, mas não diferiram de 5, 4, 8, 3 e 10, nesta ordem. Os menos concentrados foram os sítios 9 e 1, inferiores a 6 e 7, mas iguais a 2, 10, 3, 8 e 4, enquanto 5, 4, 8, 3, 10 e 2 formaram um grupo homogêneo intermediário.

4.2.2 CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES

As correlações lineares simples estabelecidas entre as variáveis químicas do conteúdo foliar de erva-mate, são apresentadas na tabela 4.

TABELA 4: MATRIZ DE CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC).

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Al
	g / Kg					ppm					
N (g/Kg)	1,00										
P (g/Kg)	- 0,21	1,00									
K (g/Kg)	0,28	0,25	1,00								
Ca(g/Kg)	- 0,61*	0,01	- 0,35*	1,00							
Mg(g/Kg)	- 0,69*	0,04	- 0,27	0,87*	1,00						
Fe (ppm)	- 0,51*	0,01	- 0,18	0,54*	0,47*	1,00					
Mn(ppm)	0,25	- 0,23	- 0,24	- 0,09	- 0,27	- 0,27	1,00				
Cu (ppm)	0,57*	0,28	0,24	- 0,54*	- 0,56*	- 0,36*	- 0,01	1,00			
Zn (ppm)	- 0,48*	0,13	0,06	0,55*	0,55*	0,26	- 0,17	- 0,40*	1,00		
B (ppm)	- 0,66*	0,05	- 0,22	0,69*	0,73*	0,50*	- 0,17	- 0,47*	0,52*	1,00	
Al (ppm)	- 0,24	- 0,29*	- 0,25	0,43*	0,28*	0,14	0,47*	- 0,34*	0,09	0,28*	1,00

Obs.: * significativo a 5% de probabilidade

Coefficientes de correlação > 0,60

Poucas relações mostraram-se significativas entre os teores de nutrientes nas folhas de erva-mate segundo o presente estudo. O nível de N foliar aumentou a medida que diminuíram os teores de Ca ($r = -0,61$) e Mg ($r = -0,69$), mostrando desta forma uma relação inversamente proporcional. Este comportamento poderia indicar que a forma de N absorvida é o NH_4^+ , pois

MULDER (1956) relata que a absorção do Ca pode ser favorecida pela presença de íons NO_3^- , porém diminuída pelos íons NH_4^+ . Segundo PILBEAM & KIRKBY (1992), em meio ácido existe um efeito antagônico do NH_4^+ em relação a absorção de Ca. E MARSHNER (1986) explica que a taxa de absorção de Mg pode ser reduzida pela presença no solo de cátions como a NH_4^+ , porém os valores de Ca e Mg foram muito altos e este aspecto necessita ser elucidado com análises específicas. Os teores de N, apresentaram-se ainda, correlacionados negativamente com o B ($r = -0,66$) e os níveis de B, evidenciaram suas relações positivas com Ca ($r = 0,69$) e Mg ($r = 0,73$). O Ca e o Mg tiveram a mais forte correlação entre as variáveis foliares ($r = 0,87$). Houve, portanto, coerência com o aumento do pH do solo, conforme apresentado nas distribuições destas variáveis nos sítios. Já as relações estabelecidas pelo B foliar, pode ter explicação na fonte de B no solo, procedente da matéria orgânica, que necessita ser mineralizada por microrganismos, cuja atividade é inibida pela acidez excessiva. Assim o B seria tanto menos absorvido, quanto maior a acidez (MALAVOLTA, 1980), de forma idêntica ao Ca e Mg, de modo que estes teriam aumentos de teores relacionados. O contrário ocorreria com o N, desde que comprovada a forma amoniacal de absorção pela erva-mate, havendo uma relação inversa como observado. É necessário, no entanto, a análise de N e B no solo, que não foi procedida no presente estudo.

4.2.3 CORRELAÇÕES DE VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES COM VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO

As correlações lineares simples estabelecidas entre as variáveis químicas do conteúdo foliar de erva-mate e as variáveis químicas da fertilidade do solo, são apresentadas na tabela 5.

Em geral, estiveram envolvidas nas correlações significativas entre variáveis do solo e variáveis foliares, àquelas ligadas a reação do solo. O pH em CaCl_2 , apresentou-se influenciando os níveis foliares de N negativamente ($r = -0,66$) e positivamente os micronutrientes Fe ($r = 0,72$), Zn ($r = 0,62$) e B ($r = 0,67$). O Al trocável do solo confirmou

estas tendências ao apresentar correlação positiva com N foliar ($r = 0,64$) e negativa com Ca foliar ($r = -0,61$) e Mg foliar ($r = -0,63$), além dos mesmos micronutrientes foliares Fe, Zn e B, em valores semelhantes aos estabelecidos com o pH, só que negativamente. A acidez potencial do solo (H+Al) foi novamente semelhante ao Al trocável do solo, inclusive quanto aos resultados, porém com o Ca e Mg foliares não alcançaram valores significativos. Quando foi considerada a saturação por Al no solo (m), tanto as significâncias, como os coeficientes de correlação, foram quase idênticos ao comportamento do Al trocável.

TABELA 5: MATRIZ DE CORRELAÇÕES DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES COM AS VARIÁVEIS QUÍMICAS DE FERTILIDADE DO SOLO DE ERVA-MATE AOS 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC).

Solo		pH	Al ⁺⁺⁺	H+Al	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	T	C	m	V	Fe	P	Mn	Cu	Zn
Foliar		CaCl ₂	cmol _c / Kg						g / Kg	%			mg/kg			
N	g	-0,66*	0,64*	0,67*	-0,58*	-0,54*	-0,15	-0,07	0,41*	0,64*	-0,65*	-0,25	0,35*	-0,63*	-0,03	-0,40*
P		0,17	-0,26	-0,19	0,16	0,13	0,34*	0,00	-0,08	-0,28*	0,21	0,54*	0,50*	0,45*	-0,33*	0,56*
K	/	-0,03	-0,02	-0,02	-0,03	0,10	0,39*	-0,02	0,03	-0,04	0,00	0,23	0,18	-0,03	-0,15	0,16
Ca	kg	0,56*	-0,61*	-0,54*	0,50*	0,56*	0,08	0,22	-0,34*	-0,63*	0,57*	0,27	-0,28	0,50*	0,15	0,21
Mg		0,58*	-0,63*	-0,59*	0,56*	0,61*	0,15	0,29*	-0,42*	-0,67*	0,62*	0,30*	-0,23	0,50*	0,02	0,19
Fe	p	0,72*	-0,64*	-0,66*	0,69*	0,52*	0,01	0,34*	-0,22	-0,61*	0,68*	0,02	-0,43*	0,45*	0,01	0,28
Mn		-0,45*	0,39*	0,42*	-0,55*	-0,33*	0,04	-0,48*	-0,11	0,39*	-0,46*	-0,62*	-0,14	-0,19	0,23	-0,16
Cu	p	-0,44*	0,37*	0,41*	-0,35*	-0,44*	-0,13	-0,14	0,40*	0,38*	-0,41*	0,03	0,51*	-0,21	-0,18	0,01
Zn	m	0,62*	-0,64*	-0,63*	0,55*	0,65*	0,22	0,21	-0,48*	-0,68*	0,63*	0,33*	-0,30*	0,56*	0,10	0,41*
B		0,67*	-0,68*	-0,67*	0,62*	0,60*	0,14	0,24	-0,39*	-0,67*	0,67*	0,09	-0,35*	0,63*	0,06	0,26
Al		-0,08	0,03	0,08	-0,21	0,08	0,14	-0,20	-0,14	-0,01	-0,09	-0,26	-0,33*	-0,01	0,36*	-0,09

Obs.: * significativo a 5% de probabilidade

Coeficientes de correlação > 0,60

As bases trocáveis do solo, não demonstraram-se correlacionadas tão fortemente com os teores foliares. Os teores de Ca trocável do solo só apresentaram correlações significativas e positivas com Fe foliar ($r = 0,69$) e B foliar ($r = 0,62$), enquanto para o Mg trocável do solo houve correlação positiva com Zn foliar ($r = 0,65$) e novamente B foliar ($r = 0,60$). Os níveis de Mg, foram os únicos a evidenciar relação entre os teores no solo e na planta ($r = 0,61$), demonstrando que o aumento das concentrações do nutriente no solo, são seguidas de absorção proporcional pela erva-mate, aumentando seus teores nas folhas. A saturação por bases do solo (V) apresentou-se pouco mais elucidativa que as bases que lhe originaram.

Confirmou-se as correlações positivas com os micronutrientes foliares Fe, Zn, B e ao contrário da saturação por alumínio, o valor V correlacionou-se negativamente com o teor de N foliar ($r = -0,65$) e mostrou sua relação com Mg foliar ($r = 0,62$).

As relações do suprimento de N nas folhas, foram contrárias ao aumento do pH e saturação por bases do solo e, diretamente correlacionadas com o Al trocável, acidez potencial, saturação por Al e Mn. Devido alguns indicativos importantes, principalmente o baixo quociente Fe/Mn e alto teor de Al nas folhas, REISSMANN (1989) acredita que a erva-mate seja uma planta calcífuga. Como afirmam MENGEL & KIRKBY (1987) e MARSCHNER (1986), todas as espécies calcifugas demonstram ser resistentes à toxidez de Al e aos solos muito ácidos, onde a nitrificação é inibida e o NH_4^+ é a principal fonte de N para planta, e estas, adaptadas a condição, toleram também altos níveis de amônio. O comportamento observado para erva-mate, deve ser o reflexo de uma adaptação ecológica da espécie a solos ácidos, onde normalmente é encontrada.

Para os micronutrientes Fe, Zn e B foliares, observaram-se correlações positivas com o aumento do pH e outras variáveis da reação do solo e negativas com as variáveis ligadas à bases trocáveis. Como o comportamento teórico destes, diferem entre si quanto a reação do solo (MENGEL & KIRKBY, 1987), ao mostrarem-se semelhantes, devem estar sofrendo ação de alguma característica física ou química do solo que não tenha ficado clara, segundo a metodologia utilizada, ou outra propriedade peculiar da erva-mate quanto a absorção destes, ou ainda prováveis efeitos de concentração. Quanto ao B e Zn, BATAGLIA (1988) afirma que estes elementos podem estar ligados a complexos orgânicos, portanto, menos dependente do pH, como aparenta este estudo. Conforme afirmam REISSMANN & PREVEDELLO (1992), ao constatar-se o Fe foliar aumentando com o aumento do pH, não significa que as plantas estão utilizando o Fe nos processos fisiológicos, porque como os demais elementos, este nível

representa o Fe total. Assim, uma planta pode apresentar deficiência de Fe, na presença de altos níveis deste elemento.

O Cu apresentou um decréscimo de concentração no tecido foliar, de certa forma coerente com o aumento do pH, pois a correlação foi negativa, embora não significativa. Para o Fe foliar em erva-mate, REISSMANN & PREVEDELLO (1992) encontraram maiores teores, quando do aumento da calagem, mas não encontraram correlação da calagem com o Cu foliar.

Os demais micronutrientes do solo, K trocável e P extraível, não influenciaram nenhuma das variáveis foliares analisadas, assim como K e P foliares também não demonstraram nenhuma relação significativa. O mesmo aconteceu ao Cu, tanto do solo como foliar, e com o Zn do solo. Da mesma forma, não houve influência evidente da CTC e de C total na absorção dos nutrientes pela erva-mate.

4.3 PRODUTIVIDADE

4.3.1 ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE

Os resultados levantados à campo, relativos as variáveis de produtividade do erval são apresentadas no anexo 7. As análises de variância das variáveis de produtividade em função do sítio no anexo 8 e a sumarização das comparações entre as médias na tabela 6.

O peso da matéria seca e a nota para densidade de copa, demonstraram-se significativas a 5% de probabilidade quanto ao efeito dos sítios, enquanto as demais variáveis de produtividade evidenciaram maiores diferenças entre os sítios com significância de 1%.

A altura total das erveiras, apresentou 3,24 m em média, mas sua variação em números absolutos alcançou 53%, demonstrando grande amplitude. Como as erveiras permaneceram um período sem podas, possibilitou o crescimento livre, conferindo valor interpretativo para a

variável altura. Em condições normais de busca da produtividade, a altura seria controlada pelo regime de podas. A altura da copa foi condicionada pela técnica de poda aplicada, que caracterizou-se por um tronco principal de pequena altura do solo, até onde iniciava-se as primeiras brotações, apresentando média um pouco menor que a altura total (2,73 m). As duas variáveis apresentaram-se com distribuições muito semelhantes em relação aos sítios. As maiores árvores localizaram-se nos sítios superiores e foram diminuindo com a descida na pendente, com destaque para os sítios 4 e 1 que apresentaram as maiores médias de altura total e altura da copa respectivamente, e o sítio 10 que apresentou as menores médias para ambas as alturas. Como os sítios 2 e 3 não diferiram estatisticamente de 4 e 1 para as duas variáveis, há a indicação de alguma característica de sítio afetando o desenvolvimento da erva-mate no local, pelo menos naqueles mais à base da toposequência.

TABELA 6: COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC).

Ht (m)			Hc (m)			Dc (m)			APC (m ²)			DAB (cm)		
Sítio	Média		Sítio	Média		Sítio	Média		Sítio	Média		Sítio	Média	
4	3,95	a	4	3,40	a	4	1,60	a	1	3,31	a	3	15,33	a
1	3,90	a	1	3,18	ab	6	1,56	a	2	2,70	b	1	13,98	ab
3	3,81	ab	3	3,18	ab	1	1,46	ab	4	2,63	b	9	13,97	ab
2	3,65	abc	2	3,09	ab	5	1,46	ab	3	2,45	bc	4	13,09	ab
7	3,37	bc	7	2,91	b	3	1,45	ab	6	2,43	bc	10	12,71	ab
5	3,28	cd	5	2,76	bc	10	1,42	ab	5	2,37	bc	6	12,44	ab
6	2,84	de	9	2,41	cd	8	1,36	ab	10	2,02	cd	7	12,20	ab
9	2,83	de	6	2,37	cd	2	1,36	ab	7	1,84	d	2	12,14	b
8	2,46	ef	8	2,08	d	9	1,28	ab	8	1,83	d	5	11,97	b
10	2,36	f	10	1,96	d	7	1,18	b	9	1,80	d	8	11,20	b
PMV (g)			PMS (g)			AF (cm ²)			NDC (1-5)			GAL (%)		
Sítio	Média		Sítio	Média		Sítio	Média		Sítio	Média		Sítio	Média	
9	122,83	a	10	52,70	a	9	6549,6	a	2	3,72	a	5	11,46	a
6	117,54	ab	9	49,88	ab	10	6166,3	ab	6	3,52	ab	4	10,71	ab
10	116,48	ab	6	48,92	ab	7	5991,7	ab	3	3,08	ab	6	10,53	ab
7	112,93	ab	7	48,54	ab	4	5946,0	ab	1	3,08	ab	8	9,39	ab
4	111,30	ab	4	46,60	ab	6	5941,6	ab	10	2,96	ab	1	9,30	ab
5	106,12	ab	5	45,67	ab	5	5711,5	ab	4	2,92	ab	3	8,67	ab
2	97,59	ab	3	43,91	ab	3	5280,1	ab	5	2,84	ab	2	8,37	ab
3	92,72	ab	8	40,91	ab	2	5195,9	ab	9	2,80	ab	7	7,92	ab
8	90,62	ab	2	40,81	ab	8	5036,9	b	7	2,64	b	10	7,69	ab
1	84,35	b	1	35,08	b	1	4717,3	b	8	2,64	b	9	6,83	b

Obs.: médias seguidas de mesma letra, são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ht= altura total; Hc= altura da copa; Dc= diâmetro da copa a altura do peito; APC= área de projeção de copa; DAB= diâmetro à altura da base do tronco; PMV= peso da matéria verde; PMS= peso da matéria seca; AF= área foliar útil; NDC= nota para densidade de copa; GAL= grau de ataque de lagartas.

O diâmetro da copa das erveiras apresentou uma média de 1,41 m. Os sítios 4 e 6 apresentaram o maior diâmetro de copa porém não diferiram de 1, 5, 3, 10, 8, 2 e 9 nesta ordem. O menor diâmetro foi observado no sítio 7, inferior à 4 e 6, porém não diferente dos demais. Pela distribuição apresentada, não se pode associar o incremento do diâmetro de copa com fatores de localização do sítio na toposequência.

O povoamento apresentou em média 2,34 m² de área de projeção de copa. A sequência de médias foi quase coincidente à sequência numérica de sítios, com o valor mais alto no sítio 1, seguido de 2, 4, 3, 6, 5 e 10. Os menores valores ficaram nos sítios 7, 8 e 9. A tendência da área de projeção de copa foi decrescer de cima para baixo na toposequência, de forma similar aos resultados de altura total e da copa das erveiras.

Com 12,90 cm de diâmetro médio e baixo coeficiente de variação, esperava-se encontrar relação do diâmetro da base do tronco com aspectos nutricionais, que poderiam resultar em implicações práticas. O sítio 3, apresentou a maior média, porém estatisticamente igual aos sítios 1, 9, 4, 10, 6 e 7. Estes últimos não diferiram dos sítios 2, 5 e 8, que mostraram-se inferiores ao 3. Com esta distribuição, não há uma relação clara com a localização na pendente.

O povoamento apresentou 3,02 de nota média para a densidade de copa, variando de 2,20 a 4,20. É no entanto, variável de relevância prática, porque confere sentido de volume à copa. Foi possível levantar uma média de 9% de grau de ataque de lagartas no povoamento com um coeficiente de variação de 24%.

Quanto a nota para densidade de copa e grau de ataque de lagartas, houve pequenas diferenças estatísticas e não foi possível detectar tendência de relação com o gradiente topográfico. As notas variaram de 3,72 a 2,74, encaixando-se em valores de copas de densidade média. A regularidade relativa, leva a crer que se a densidade da copa está sendo afetada, está no povoamento em geral. O mesmo vale para grau de ataque de lagartas, que

apresentou perdas em torno de 7 a 11% de área foliar útil, representando significativa perda econômica.

Guardando as proporções, o peso de matéria verde e seca apresentaram pequenas variações relativas e grandes variações numéricas, com médias de 105,25 g de peso da matéria verde e 45,30 g de peso da matéria seca. Foi observado para área foliar 5653,71 cm² de média e pequeno coeficiente de variação de 14%, mostrando que a variedade morfológica, resultou em baixa variação relativa por serem considerados um grande número de folhas, diluindo este efeito.

Conforme o esperado, as variáveis, peso da matéria verde, peso da matéria seca e área foliar, apresentaram comportamento muito semelhante em relação à toposequência. Em valores absolutos, o sítio 9 foi o maior para peso da matéria verde e área foliar e segundo para peso da matéria seca. Já o sítio 1 foi o menor nas três variáveis. Para o peso da matéria seca, o sítio 10 foi estatisticamente superior ao sítio 1 e não diferiu dos demais. Para peso da matéria verde, o sítio 9 mostrou o mesmo comportamento do 10 no peso de matéria seca. Quanto a área foliar, o sítio 9 só diferiu de 8 e 1, não demonstrando diferença dos demais. Embora não esteja bem claro, é possível verificar uma pequena tendência dos valores de peso de matéria verde, peso de matéria seca e área foliar, diminuírem de baixo para cima na toposequência, de certa forma, contrários a altura total e altura da copa.

4.3.2 CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE

Os coeficientes de correlação linear simples estabelecidos entre as variáveis de produtividade do erva, são apresentados na matriz de correlações da tabela 7.

Poucas foram as relações significativas entre as variáveis de crescimento da erva-mate no presente estudo. Com um coeficiente de correlação $r = 0,93$, o peso da matéria verde e o peso da matéria seca, confirmaram sua estreita relação. O mesmo coeficiente foi encontrado

por REISSMANN *et al* (1985) para correlação entre o peso verde de folhas + ramos e peso seco de folhas + ramos, durante um ano de amostragem em área de erva-mate nativa, Mandirituba/PR.

TABELA 7: MATRIZ DE CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE DO PLANTIO DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM S. BENTO SUL (SC).

Variáveis	Ht	Hc	Dc	APC	DAB	PMV	PMS	AF	NDC	GAL
Produtiv.	m			m ²	cm	g		cm ²	1 - 5	%
Ht m	1,00									
Hc m	0,98*	1,00								
Dc m	0,23	0,22	1,00							
APC m ²	0,67*	0,60*	0,50*	1,00						
DABcm	0,37*	0,36*	0,24	0,33*	1,00					
PMV g	- 0,25	- 0,22	- 0,11	- 0,39*	0,03	1,00				
PMS g	- 0,29*	- 0,28*	- 0,10	- 0,43*	- 0,02	0,93*	1,00			
AF cm ²	- 0,22	- 0,18	- 0,09	- 0,39*	0,10	0,91*	0,85*	1,00		
NDC1-5	0,14	0,13	0,36*	0,38*	0,01	- 0,09	- 0,09	- 0,14	1,00	
GAL %	0,13	0,12	0,23	0,17	- 0,02	0,13	0,10	- 0,04	0,02	1,00

Obs.: * significativo a 5% de probabilidade

Coefficiente de correlação > 0,60

Ht= altura total; Hc= altura da copa; Dc= diâmetro da copa a altura do peito; APC= área de projeção de copa; DAB= diâmetro à altura da base do tronco; PMV= peso da matéria verde; PMS= peso da matéria seca; AF= área foliar útil; NDC= nota para densidade de copa; GAL= grau de ataque de lagartas.

Para a mensuração da área foliar, como foram usadas as mesmas folhas que originaram o peso de matéria verde, haveria a tendência de forte correlação. A área foliar com o peso de matéria verde atingiu $r = 0,91$ e com o peso de matéria seca, $r = 0,85$. Como se trata de povoamento homogêneo, equiâneo e manejo uniforme, confirmaram-se as altas correlações.

A correlação área de projeção de copa versus altura da copa apresentou-se significativa ($r = 0,60$), mas foi pouco mais forte quando considerou-se a altura total das erva-mates ($r = 0,67$). A correlatividade observada, demonstra para o caso particular da erva-mate que existe possivelmente determinantes comuns às duas variáveis, demonstrando sua importância prática. A correlação mais forte, foi obtida entre a altura total e a altura da copa, com $r = 0,98$, confirmando as constatações comentadas para o comportamento destas variáveis em função do sítio. O grau de ataque de lagartas, ao apresentar fraquíssimas relações com as demais variáveis, sugere que o ataque de lagartas independe do desenvolvimento das erva-mates. As

demais correlações significativas a 5% de probabilidade, porém abaixo de 0,60, podem indicar alguma tendência, mas são ainda incipientes para inferências práticas.

4.3.3 CORRELAÇÕES DAS VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE COM AS VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO

A matriz de coeficientes de correlação entre as variáveis de produtividade de erva-mate e as variáveis químicas de fertilidade do solo (0-20 cm), são apresentadas na tabela 8.

TABELA 8: MATRIZ DE CORRELAÇÕES DE VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE, COM VARIÁVEIS QUÍMICAS DE FERTILIDADE DO SOLO DO PLANTIO DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC).

Solo	pH	Al ⁺⁺⁺	H+Al	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	T	C	m	V	Fe	P	Mn	Cu	Zn
Produtiv	CaCl ₂	cmol _c / Kg						g/Kg	%			mg/Kg			
Ht m	-0,81*	0,74*	0,79*	-0,78*	-0,73*	-0,16	-0,41*	0,35*	0,74*	-0,80*	-0,18	0,45*	-0,63*	0,01	-0,36*
Hc m	-0,79*	0,74*	0,77*	-0,77*	-0,73*	-0,16	-0,42*	0,33*	0,74*	-0,79*	-0,22	0,37*	-0,64*	0,05	-0,37*
Dc m	-0,25	0,27	0,34*	-0,24	-0,30*	-0,33*	0,05	0,34*	0,27	-0,29*	0,17	0,02	-0,17	0,41*	-0,10
APC m ²	-0,65*	0,57*	0,64*	-0,57*	-0,57*	-0,16	-0,15	0,44*	0,53*	-0,60*	0,33*	0,71*	-0,46*	-0,05	-0,14
DAB cm	-0,19	0,18	0,19	-0,16	-0,30*	-0,32*	-0,14	-0,05	0,20	-0,19	-0,04	0,19	-0,07	0,05	0,02
PMV g	0,31*	-0,30*	0,21	0,21	0,23	0,02	-0,10	-0,29*	-0,30*	0,27	-0,13	-0,39*	0,32*	0,35*	0,28
PMS g	0,31*	-0,28*	0,21	0,21	0,21	0,02	-0,10	-0,26	-0,27	0,26	-0,23	-0,41*	0,35*	0,35*	0,28*
AF cm ²	0,37*	-0,34*	-0,35*	0,27	0,23	-0,04	-0,07	-0,28*	-0,32*	0,31*	-0,15	-0,43*	0,37*	0,33*	0,27
NDC	-0,29*	0,27	0,28*	-0,24	-0,25	-0,18	-0,04	0,09	0,25	-0,27	0,06	0,01	-0,23	-0,06	-0,25
GAL%	-0,29*	0,29*	0,34*	-0,33*	-0,16	-0,07	-0,02	0,29*	0,26	-0,32*	0,04	0,13	-0,22	0,37*	-0,01

Obs.: * significativo a 5% de probabilidade

Coefficiente de correlação > 0,60

Ht= altura total; Hc= altura da copa; Dc= diâmetro da copa a altura do peito; APC= área de projeção de copa; DAB= diâmetro à altura da base do tronco; PMV= peso da matéria verde; PMS= peso da matéria seca; AF= área foliar útil; NDC= nota para densidade de copa; GAL= grau de ataque de lagartas.

As variáveis ligadas a reação do solo, foram as que nitidamente demonstraram influências nos parâmetros de crescimento da erva-mate, principalmente altura total e da copa. Fortes correlações, levam a constatação que enquanto o pH do solo foi aumentando, a altura total ($r = -0,81$), altura da copa ($r = -0,79$) e área de projeção da copa das erva-mates ($r = -0,65$), foram diminuindo.

A maior disponibilidade do Al trocável, proporcional à diminuição do pH, evidenciou as correlações deste elemento com as mesmas variáveis de produtividade ($r = 0,74$ com altura total e com a altura da copa). Na soma da fração hidrogeniônica ao Al, as correlações acentuaram-se um pouco ($r = 0,79$ com altura total, $r = 0,77$ com altura da copa e $r = 0,64$

com área de projeção da copa). Em consequência, a saturação por alumínio também demonstrou este perfil e repetiu as mesmas correlações obtidas pelo Al com altura da copa e altura total. Por outro lado, as bases trocáveis Ca e Mg e a saturação por bases, apresentaram correlações negativas com os mesmos parâmetros. A medida que a concentração das bases trocáveis aumentaram no solo, o crescimento em altura total e da copa diminuíram, $r = -0,78$ do Ca com altura total e $r = -0,77$ com altura da copa; e o Mg, $r = -0,73$ com altura total e altura da copa. Por sua vez a saturação por bases, evidenciou ainda mais as relações, apresentando $r = -0,80$ com altura total, $r = -0,79$ com altura da copa e apareceu a correlação de $r = -0,60$ com área de projeção da copa. Pode-se depreender do exposto, que mesmo dentro de uma variação de pH fortemente ácido, a pequena diferença ocasionada nas frações de alumínio trocável e diminuição de bases trocáveis, tendo em vista suas relações com parâmetros de produtividade, foi suficiente para demonstrar interferências no crescimento e reforçar a hipótese da erva-mate encaixar-se no grupo das plantas calcífugas. REISSMANN *et al* (1991) acreditam que, se não efetivamente pertencente ao grupo das calcífugas, a erva-mate, tem na presença de altas doses de Ca, seu crescimento sensivelmente reduzido. No mesmo trabalho, foi observada uma redução de crescimento em mudas de erva-mate, já a partir de 40% de saturação de bases (V), considerando que para o solo e condições de estudo, 60% de V representa um limite definido de tolerância à calagem e em 80 e 100% de V, foram observados sintomas de clorose induzida por provável deficiência de Fe, sendo que a 80%, a capacidade de brotação foi sensivelmente reduzida. Trabalhando com plantios jovens de erva-mate à campo, REISSMANN *et al* (1993) encontraram que a partir de 50% de saturação de bases, a calagem proporcionou aumento na concentração de Ca e Mg, porém, mesmo com efeito de concentração do Ca, não aumentou a matéria seca. No tratamento sem calagem, observou-se maior ganho significativo na produção de matéria seca e altura.

A altura total e a altura da copa foram também influenciadas pelos teores de Mn do solo, apresentando correlação negativa de $r = -0,63$ e $r = -0,64$, respectivamente. Como foi observado anteriormente, houve um provável efeito de concentração do Mn, relativamente coincidente com os sítios de menor crescimento em altura, possivelmente disponibilizando Mn às plantas com desenvolvimento menor, sem indicar ação debilitadora do nutriente. Entretanto, é possível a toxidez de Mn, pois em solos que não sejam excessivamente ácidos, como o sítio 10 por exemplo, MALAVOLTA & KLIEMANN (1985), afirmam que esta pode ocorrer, devido à diminuição da aeração do solo, pela compactação e pelo encharcamento que leva à formação do Mn^{2+} . Mas esta hipótese é muito difícil, pois a erva-mate possui vários requisitos que a classificam como tolerantes ao excesso de Mn.

Outra correlação que se apresentou forte ($r = 0,71$), foi P do solo com a área de projeção da copa. Até aqui o comportamento do fósforo, tanto no solo, quanto foliar, só havia evidenciado seus baixos índices. Ao estabelecer a ligação com um parâmetro de produtividade de importância prática, suscita a expectativa da função do P na planta, como determinante de incrementos em área de projeção de copa, em função de maior absorção do nutriente. Segundo EPSTEIN (1972), o fosfato é requerido para a síntese de trifosfato de adenosina e outros numerosos compostos fosforilados, sendo que sua deficiência causa severas interrupções no metabolismo e desenvolvimento. MENGEL & KIRKBY (1987) afirmam que as plantas que sofrem deficiência de P, são pequenas, com um sistema de raízes limitado e caules finos. Árvores frutíferas tem mostrado taxas de crescimento reduzidas das novas brotações e frequentemente o desenvolvimento e abertura de brotos não é satisfatória, afetando portanto, a área de projeção de copa. MALAVOLTA *et al* (1989) enfatizam que entre os sintomas de deficiência de P, destacam-se, ângulos foliares mais estreitos, menor perfilhamento e gemas laterais dormentes, todas implicando na diminuição da área de projeção de copa. Para indicativos mais claros, são necessários os resultados de relações entre área de projeção de

copa e P foliar. O ocorrido porém, pode encontrar resposta, nos procedimentos de regressão linear utilizados, que poderiam de alguma forma, forçar a relação teórica, já que o coeficiente de variação do P do solo foi de 90%, concentrando alto valor no sítio 1, igualmente a área de projeção de copa.

4.3.4 CORRELAÇÕES DE VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE COM VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES

A matriz de correlações lineares simples entre as variáveis de produtividade do erva e as variáveis químicas do conteúdo foliar de erva-mate, é apresentada na tabela 9.

TABELA 9: MATRIZ DE CORRELAÇÕES DE VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE, COM VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC).

Foliar	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Al
Produtiv.	g / Kg					ppm					
Ht m	0,63*	- 0,05	0,16	- 0,52*	- 0,51*	- 0,63*	0,31*	0,40*	- 0,64*	- 0,60*	- 0,05
Hc m	0,65*	- 0,09	0,18	- 0,53*	- 0,52*	- 0,61*	0,31*	0,41*	- 0,62*	- 0,63*	- 0,01
Dc m	0,01	- 0,03	- 0,29*	0,03	- 0,05	- 0,19	0,04	0,00	- 0,12	- 0,11	0,10
APC m ²	0,44*	- 0,07	0,08	- 0,35*	- 0,35*	- 0,58*	- 0,00	0,45*	- 0,45*	- 0,49*	- 0,21
DAB cm	0,04	0,14	- 0,06	- 0,08	- 0,07	- 0,05	- 0,01	0,08	- 0,20	- 0,18	- 0,24
PMV g	- 0,32*	- 0,06	0,07	0,35*	0,29*	0,22	0,14	- 0,34*	0,40*	0,27	0,14
PMS g	- 0,40*	- 0,04	- 0,08	0,39*	0,29*	0,29*	0,22	- 0,36*	0,30*	0,37*	0,23
AF cm ²	- 0,31*	- 0,07	0,11	0,28*	0,24	0,24	0,14	- 0,37*	0,40*	0,30*	0,06
NDC 1-5	0,20	- 0,11	- 0,07	- 0,08	- 0,05	- 0,33*	- 0,04	0,16	- 0,04	- 0,21	- 0,13
GAL %	0,14	- 0,15	0,07	0,14	- 0,05	- 0,23	0,13	- 0,03	0,04	- 0,14	0,37*

Obs.: * significativo a 5% de probabilidade

Coefficiente de correlação > 0,60

Ht= altura total; Hc= altura da copa; Dc= diâmetro da copa a altura do peito; APC= área de projeção de copa; DAB= diâmetro à altura da base do tronco; PMV= peso da matéria verde; PMS= peso da matéria seca; AF= área foliar útil; NDC= nota para densidade de copa; GAL= grau de ataque de lagartas.

O aumento dos micronutrientes Fe, Zn e B nas folhas, mostrou tendências de diminuição da altura total e da copa das erva-mates, evidenciado por correlações significativas e negativas, pouco superiores a 0,60. REISSMANN *et al* (1987), consideram a erva-mate como altamente exigente neste nutriente, recomendando inclusive a adição de matéria orgânica no solo e de sistemas que o mantenham em constante disponibilidade. Mas como o suprimento

foliar deste nutriente é satisfatório, a causa da relação inversa com o crescimento, deve encontrar resposta em algum fenômeno do solo ou da planta que não tenha sido possível detectar neste estudo. É possível que os fenômenos observados no comportamento do Zn em relação ao crescimento das erva-mate, segundo REISSMANN & PREVEDELLO (1992) se devam as características do solo do local, que pode naturalmente encerrar grandes quantidades de Zn total, que por sua vez pode passar a formas absorvíveis. Também pode ter havido um efeito de concentração ou a sua retenção pela matéria orgânica, semelhante ao que pode ter acontecido ao Al. No caso do Fe, REISSMANN & PREVEDELLO (1992), mencionam grandes quantidades de Fe presentes nas folhas, sem no entanto desempenhar seu papel fisiológico na planta, inclusive mostrando deficiência do elemento.

O N contido nas folhas de erva-mate influenciou as variáveis de produtividade altura total e da copa com coeficientes de correlação de $r = 0,63$ e $r = 0,65$ respectivamente. Os parâmetros que se mostraram correlacionados, são resultado do crescimento vegetativo da planta, coincidindo com a função deste nutriente no vegetal (MARSCHNER, 1986). Ao mesmo tempo demonstra sua importância nutricional para erva-mate, porque indica ser a carência deste elemento nos tecidos, acarretadora de diminuições significativas no crescimento. Estas inferências, levam a crer que pode existir um distúrbio nutricional nos sítios de menor crescimento em altura, devido aos baixos níveis de N.

Segundo as correlações estabelecidas, o teor de P nas folhas de erva-mate não influenciou nenhuma das variáveis de produtividade. Nem os sítios bem nutridos, corresponderam aos mais produtivos, embora tenha havido relação dos teores de P no solo com área de projeção de copa. Sintomas de deficiência de P, também não foram constatados. A tendência estatística apresentada neste caso, pode ter sido influenciada pelos baixos e uniformes valores levantados. É plausível acreditar portanto, que a nutrição fosfórica da erva-mate em condições normais, trate-se de característica da espécie, ao mesmo tempo em que

reflete o tipo de solo onde se desenvolvem predominantemente. REISSMANN *et al* (1983), não constataram nenhum sintoma que pudesse ser caracterizado como deficiência de P, concluindo tratar-se de deficiência oculta ou uma característica nutricional desta espécie, pelo menos a nível regional, sendo possível que as duas possibilidades de interpretação caracterizem o comportamento nutricional em relação ao P. Esta posição foi novamente considerada em trabalhos posteriores como em REISSMANN *et al* (1985), RADOMSKI *et al* (1992 b) e outros.

O K e o Cu foliares, também não possibilitaram evidenciar tendências de influência nas variáveis de crescimento da erva-mate, a exemplo de seus teores no solo, assim como também não houve correlações entre seus níveis foliares e do solo. Ficam apenas as indagações quanto a possível deficiência destes elementos, devido a baixos níveis foliares encontrados, na comparação com trabalhos anteriores com a espécie. O Mn foliar, não interferiu nos parâmetros de produtividade e certamente não apresentou efeito tóxico, apesar dos altos níveis nas folhas. A erva-mate pode ser uma planta acumuladora de Mn, semelhante ao Al, sem prejuízo ao crescimento, explicado por mecanismos citados anteriormente, presentes em plantas adaptadas a condições de alta disponibilidade.

Ca e Mg foliares, mesmo apresentando algumas correlações significativas a 5%, foram ainda baixas para permitir sózinhas, inferências mais elucidativas. Porém, seus teores no solo, mostraram-se correlacionados significativamente com altura total e altura da copa de forma negativa. Nas folhas, a tendência foi a mesma. Ilustra a possível influência negativa destes nutrientes nos parâmetros de produtividade, o fato do Mg foliar ter apresentado relação com Mg trocável do solo e o Ca foliar ($r < 0,60$) com Ca trocável do solo. O aumento das concentrações de Ca no solo pela calagem, promoveram diminuições no crescimento de mudas de erva-mate (REISSMANN *et al* , 1991 e REISSMANN & PREVEDELLO, 1992) e em plantios jovens (REISSMANN *et al*, 1993), atribuindo-se a tal comportamento, os

mecanismos de adaptação da espécie a solos ácidos, configurando-as como calcífugas, e como tal, influenciando sobre a absorção de outros nutrientes do solo, dando-lhe características nutricionais peculiares. GOODLAND (1971) citado por REISSMANN *et al* (1991), afirma que a polêmica envolvendo plantas calcífugas e calcícolas, teria pouca ligação com o próprio Ca, no sentido que as calcífugas seriam mais resistentes ao Al, enquanto as calcícolas, não se desenvolvem bem em solos ácidos, devido a alta disponibilidade de Fe, Mn e Al. REISSMANN & PREVEDELLO (1992), explicam que não se pode atribuir a redução do crescimento aos altos níveis de Ca atingidos no tecido foliar, mas sim a seu efeito no solo, em termos de calagem, sobre os demais nutrientes.

O Al foliar não apresentou nenhuma correlação significativa com os parâmetros de produtividade e inclusive sempre com coeficientes muito baixos. O comportamento do Al trocável do solo, não significa que o elemento possui função de crescimento, evidenciado pela inexistência de qualquer relação do elemento na folha com os parâmetros de produtividade das erveiras. Demonstra apenas a alta tolerância da espécie ao acúmulo de Al nas folhas. Segundo MENGEL & KIRKBY (1987), a tolerância pode ser um mecanismo de absorção que exclui o excesso de Al do processo e citam o chá, que parece proteger-se do excesso de Al, concentrando-o nas folhas, tanto mais, quanto mais velhas. REISSMANN *et al* (1983), baseado em MARSCHNER (1986) e outros, acreditam que a absorção do Al, é regida por um mecanismo de tolerância, o qual efetua uma rápida complexação do elemento nas raízes com sua posterior translocação para as folhas, não interferindo na absorção do fósforo. Porém, segundo MARSCHNER (1986), observou-se efeitos benéficos de Al no crescimento de espécies vegetais, quando em baixas concentrações. CHENERY (1955), citado por REISSMANN *et al* (1994), para o chá (*Camellia sinensis*), o Al é considerado necessário ao seu bom desenvolvimento. É citado ainda em REISSMANN *et al* (1991), que esta mesma planta, tem sua qualidade comercial melhorada, mediante altos níveis de nutrientes metálicos

como o Cu e Zn. A erva-mate, que possui forma de beneficiamento e consumo semelhantes ao chá, necessita de maiores estudos para validar a questão no seu caso.

4.3.5 ANÁLISES DE REGRESSÃO MÚLTIPLA

Quando foram utilizadas as variáveis do solo como independentes (tabela 10), observou-se que para a altura total, o pH foi a única que demonstrou significância. Confirmou-se o que fora levantado na análise de regressão simples, onde esta variável obteve o mais alto coeficiente de correlação. As demais variáveis significativas (Al^{+++} , $H^+ + Al^{+++}$, Ca^{++} , Mg^{++} , m e V) eram de alguma forma, condicionadas pelo pH.

Para a altura da copa, o ajuste se deu pela saturação de bases em primeiro lugar, seguida do teor de Al trocável do solo, novamente confirmando as variáveis de maior coeficiente na regressão simples, enfatizando as relações de variáveis ligadas a reação do solo no desenvolvimento da erva-mate.

Possivelmente por se estar analisando no conjunto, o Fe do solo apareceu como a primeira variável no ajuste para área de projeção da copa, seguido do P extraível e acidez potencial. Estas duas últimas, já haviam demonstrado sua influência, separadamente.

TABELA 10: MODELOS AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE OBTIDOS PELO MÉTODO STEPWISE USANDO AS VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO.

VARIÁVEL	MODELO	R ² ajustado	F	S _{xy}
Ht (m)	Ht = 8,959 - 1,190 pH solo	0,6780837	26,803	0,34039
Hc (m)	Hc = 4,761 - 0,034 V solo - 0,219 Al solo	0,6481690	23,568	0,30940
APC (m ²)	APC = 4,096 + 3,127 Fe solo + 0,060 P solo - 0,003 H+Al solo	0,7541209	22,469	0,25354
PMV (g)	PMV = 114,708 + 3,437 Cu solo + 3,186 Zn solo - 7,643 C solo	0,3116052	6,545	15,96700
PMS (g)	PMS = 52,614 + 1,456 Cu solo	0,2859437	4,270	7,07960

Obs.: Ht = altura total; Hc = altura da copa; APC = área de projeção de copa; PMV = peso de matéria verde; PMS = peso de matéria seca.

O modelo ajustado para altura total com base nas variáveis foliares (tabela 11), confirmou as mesmas que haviam apresentado os maiores coeficientes de correlação simples, na mesma ordem de grandeza de seus coeficientes, primeiro Zn, segundo Fe e terceiro o N.

Todas as afirmações, ganham maior importância quando se observa o modelo ajustado para altura da copa, repetindo as variáveis influentes e coeficientes semelhantes.

A área de projeção da copa, apresentou novamente os efeitos de Fe e Zn foliares como primeira e segunda variáveis do modelo. Na análise de regressão simples, estes foram, nesta ordem, os maiores coeficientes de correlação, embora não tenham sido considerados significativos. A inclusão do P foliar no modelo da área de projeção da copa vem provavelmente confirmar a tendência apresentada pelo P do solo, quando mostrou-se correlacionado com a mesma variável. Seu efeito, deve ter se pronunciado, ao juntar-se as demais variáveis foliares, indicando assim, uma possível confirmação do papel do P no incremento da copa das erveiras. Por último, aparece o Ca foliar, para enfatizar a importância do elemento para espécie, como nutriente, desempenhando suas funções fisiológicas naturais.

TABELA 11: MODELOS AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE OBTIDOS PELO MÉTODO STEPWISE USANDO AS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES.

VARIÁVEL	MODELO	R ² ajustado	F	S _{xy}
Ht (m)	Ht = 2,417 - 0,008 Zn foliar - 0,005 Fe foliar + 0,698 N foliar	0,6571719	14,418	0,35127
Hc (m)	Hc = 2,044 - 0,006 Zn foliar - 0,004 Fe foliar + 0,522 N foliar	0,6485869	13,920	0,30922
APC (m ²)	APC = 2,270 - 0,006 Fe foliar - 0,006 Zn foliar + 3,220 P foliar + 1,308 Ca foliar	0,5427488	9,309	0,34575
PMV (g)	PMV = 100,021 + 0,009 Mn foliar + 36,960 K foliar - 27,741 N foliar	0,2571817	3,424	16, 5870
PMS (g)	PMS = 53,184 - 15,297 N foliar + 0,005 Mn foliar + 19,608 Ca foliar	0,2859437	4,270	7,0796

Obs.: Ht = altura total; Hc = altura da copa; APC = área de projeção de copa; PMV = peso de matéria verde; PMS = peso de matéria seca.

Os últimos modelos foram ajustados usando todas as variáveis foliares e de solo (tabela 12). Para a altura total, confirmou-se o Al trocável do solo, como de grande relevância, seguido do Zn foliar novamente. Apareceram os teores de K no solo e na folha, com certa importância, pelo fato dos dois aparecerem juntos no modelo. Por último, o Cu foliar, que não havia demonstrado influência até aqui.

Para a altura da copa, as mesmas variáveis do solo que foram influentes no ajuste que considerou somente as do solo, repetiram-se, saturação por bases e Al. A variável mais importante porém, foi o Zn foliar, aparecendo também o Mg foliar, que já havia demonstrado coeficiente de correlação simples significativo, mas ainda abaixo do considerado. Por último, o K foliar, que repetiu a entrada do modelo para altura total.

A área de projeção da copa, foi estimada com ênfase pelo Fe do solo em primeiro lugar, repetindo o que foi observado no ajuste só com variáveis do solo, assim como foram também incluídas, novamente, a acidez potencial e o P do solo. O K do solo, que apareceu no ajuste para altura da copa, voltou neste modelo em segundo lugar. O Zn foliar por sua vez, foi a terceira variável de importância no modelo ajustado para a área de projeção da copa.

TABELA 12: MODELOS AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DE PRODUTIVIDADE OBTIDOS PELO MÉTODO STEPWISE USANDO AS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES E QUÍMICAS DO SOLO.

VARIÁVEL	MODELO	R ² ajustado	F	S _{xy}
Ht (m)	Ht = 7,919 - 0,253 Al solo - 0,004 Zn foliar + 0,634 K foliar - 1,449 K solo - 0,095 Cu foliar	0,7469999	15,468	0,30176
Hc (m)	Hc = 1,653 - 0,006 Zn foliar - 0,039 V solo - 0,219 Al solo + 1,145 Mg foliar + 0,516 K foliar	0,7180076	12,342	0,27699
APC (m ²)	APC = 2,586 + 3,242 Fe solo - 1,210 K solo - 0,004 Zn foliar + 0,086 H+Al solo + 0,048 P solo	0,7719528	17,587	0,24417
PMV (g)	PMV= 138,906 + 3,149 Cu solo	0,3031773	4,553	16,06500
PMS (g)	PMS= 54,286 + 24,356 Ca foliar + 1,302 Cu solo	0,3971829	4,228	6,50480

Obs.: Ht = altura total; Hc = altura da copa; APC = área de projeção de copa; PMV = peso de matéria verde; PMS = peso de matéria seca.

Foi possível visualizar no geral, que o Zn foliar esteve presente em todos os modelos ajustados para altura total, altura da copa e área de projeção da copa, quando foram consideradas, as variáveis foliares separadamente e variáveis foliares somadas as variáveis do solo. Foi primeiro lugar para altura da copa considerando só as variáveis foliares e com variáveis foliares e do solo. Primeiro lugar para altura total, quando usou-se só as foliares e respectivamente em segundo e terceiro lugar para área de projeção de copa. Isoladamente o Zn foliar havia demonstrado tendência de diminuição do crescimento da erva-mate, tanto em altura total como em altura de copa, assim como sobre a área de projeção de copa. Na interação com as demais variáveis, seu papel foi enfatizado, levando a crer na possibilidade de excesso de Zn nas folhas de erva-mate.

Quanto as variáveis do solo, o Al trocável dá indícios de interferente positivo no crescimento da erva-mate, embora não tão enfático quanto o Zn, mas como a saturação por bases, apareceu de forma contrária, há uma relativa confirmação da tendência.

O ajuste de modelos de regressão neste estudo, limitou-se a procurar a melhoria das avaliações das relações entre as variáveis de solo e foliar com a produtividade da erva-mate, nesta idade e está restrito à região estudada, consideradas as limitações impostas pelo método.

4.4 ESTADO NUTRICIONAL x DIOICIA

4.4.1 DIFERENÇAS NUTRICIONAIS ENTRE OS SEXOS

Os resultados da análise foliar de macro e micronutrientes e Al de erva-mate masculinas e femininas, nos sítios para dioicia, são apresentados no anexo 9. O teste para comparação de médias dos teores nutricionais entre erva-mate masculinas e femininas são apresentados na tabela 13. O anexo 10 apresenta os testes de comparação das médias dos teores foliares dos elementos químicos de erva-mate masculinas e femininas dentro de cada sítio para dioicia.

TABELA 13: RESULTADOS DO TESTE “T” PARA COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE ELEMENTOS QUÍMICOS FOLIARES DE ERVEIRAS MASCULINAS E FEMININAS AOS 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC).

Elemento / Sexo		Nº Observações	Média	Variação	Desvio Padrão	*t estatístico	Nível Significância	Teste Hipótese
N	Masculinas	20	24,2	0,286021	0,534809	0,029148	0,976899	Aceita H0
g/Kg	Femininas	20	24,1	0,302479	0,549981			
P	Masculinas	20	1,3	0,001836	0,042855	0,276080	0,783983	Aceita H0
g/Kg	Femininas	20	1,2	0,000525	0,022912			
K	Masculinas	20	13,6	0,063846	1,395000	1,481970	0,146594	Aceita H0
g/Kg	Femininas	20	12,3	0,334813	1,305000			
Ca	Masculinas	20	9,6	0,038290	0,195680	-0,379124	0,706706	Aceita H0
g/Kg	Femininas	20	9,9	0,038552	0,196348			
Mg	Masculinas	20	8,6	0,022982	0,151598	-0,721219	0,475189	Aceita H0
g/Kg	Femininas	20	9,0	0,031088	0,176319			
Fe	Masculinas	20	104	494,3450	22,23390	-0,586150	0,561240	Aceita H0
ppm	Femininas	20	108	302,5760	17,39470			
Mn	Masculinas	20	2001	184432 0	429,4560	-1,094210	0,280751	Aceita H0
ppm	Femininas	20	2209	535487 0	731,7700			
Cu	Masculinas	20	11	14,01050	3,743060	2,592380	0,013455	Rejeita H0
ppm	Femininas	20	9	4,58947	2,142310			
Zn	Masculinas	20	63	1317,710	36,30030	-1,042730	0,303664	Aceita H0
ppm	Femininas	20	76	1719,640	41,46860			
B	Masculinas	20	57	133,839	11,56890	-2,079680	0,044352	Rejeita H0
ppm	Femininas	20	65	158,421	12,58650			
Al	Masculinas	20	765	31278,90	176,8590	0,185185	0,854069	Aceita H0
ppm	Femininas	20	754	39288,40	198,2130			

Obs.: Aceita H0 = hipótese da igualdade nutricional entre os sexos; Rejeita H0 = indica diferenças nutricionais significativas entre os sexos.

Não foi constatada diferença significativa entre plantas de erva-mate masculinas e femininas quanto aos seus níveis foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Al, considerando toda toposequência, indicando para os elementos citados, que não houve influência da dioicia.

As erveiras masculinas apresentaram-se mais bem nutridas em Cu (11,30 ppm) do que as femininas (8,80 ppm). Juntamente com o Cu, o B foi um dos elementos que variou os conteúdos foliares em erveiras masculinas e femininas, onde as últimas foram superiores estatisticamente, com média de 65 ppm contra 57 ppm das masculinas. O levantamento foi feito na época em que as erveiras estavam frutificando, portanto em período de intensa mobilização de nutrientes para este fim. Segundo MARSCHNER (1986), o suprimento de B e Cu requeridos para formação de sementes é normalmente maior que o necessário para o crescimento vegetativo. MENGEL & KIRKBY (1987), EPSTEIN (1972) comentam que a

deficiência de Cu pode causar maior esterilidade masculina em cereais e diminuir a viabilidade do grão de pólen, além de fartamente requerido no ovário para fertilização. O B desempenha importante papel na germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico. No caso de plantas dióicas como a erva-mate, a maior concentração de Cu nas árvores masculinas, pode indicar que nas árvores femininas houve direcionamento prioritário do nutriente para formação do fruto, conseqüentemente com menores teores nas folhas, ao passo que nas masculinas, não há formação de frutos, concentrando-se nas folhas. No caso do B, a maior concentração nas árvores femininas, seria porque nas masculinas, o elemento é direcionado prioritariamente para a flor masculina, onde seu desempenho é mais requerido, acontecendo o contrário do suposto para o Cu. Já que especificamente, estes nutrientes possuem funções mais ou menos importantes em cada sexo, sugere-se diferentes requerimentos nutricionais para flores femininas e masculinas, principalmente quando a espécie é dióica. MARSCHNER (1986) explica que para formação do fruto, grandes quantidades de Cu são requeridas, causando um declínio de concentração na matéria seca de raízes, folhas e caules, devida a grande demanda do elemento que é necessário nas flores para completar a fertilização. O B por sua vez, possui efeito indireto na fecundação porque atua provavelmente na melhoria da atratividade do néctar para os insetos polinizadores; e efeito direto porque é responsável pela capacidade das anteras em produzir grãos de pólen em quantidade e viabilidade suficientes. Assim, pode-se supor, que o papel do Cu é mais pronunciado nas flores femininas, onde acontece efetivamente a fecundação, enquanto o B, mais importante nas flores masculinas, onde são produzidos os grãos de pólen.

Ao analisarem-se separadamente cada sítio para dioiccia, o teste t não acusou diferenças significativas entre erveiras masculinas e femininas nos teores foliares de N, K, Ca, Zn, B e Al. A diferença constatada entre os sexos para o B foliar, não se confirmou na análise de cada sítio individualmente, mas seus valores numéricos foram sempre maiores nas femininas, reforçando

o resultado acusado anteriormente, ser devido às funções do elemento na formação da flor e não por fenômeno localizado. Foi possível no entanto, verificar superioridade das árvores masculinas sobre as femininas, quanto aos teores foliares de Cu, no sítio 3 para dioicia, igualmente ao levantado para os dados gerais. Os valores do Cu foliar em todos os sítios, são sempre maiores nas árvores masculinas, mas o teste provavelmente captou uma pequena significância, mesmo em conteúdos dentro da média dos demais, sem indicar deficiência no sítio. Os demais elementos que não demonstraram significância dentro de cada sítio (N, K, Ca, Zn e Al), variaram para árvores masculinas e femininas indiscriminadamente, sendo atribuídas a variabilidade morfológica comum na erva-mate, pois no teste para toda toposequência, mostraram o mesmo comportamento.

Separadamente no sítio 2 para dioicia, as árvores femininas apresentaram-se mais nutridas em P e Mn foliares do que as masculinas, e os demais não diferiram entre si. Também no sítio 2, o Mg foliar apresentou-se superior nas masculinas. Para estes elementos, não há uma causa clara que tenha determinado seus comportamentos. Não possuem números absolutos maiores para um dos sexos, que pudessem indicar tendência e também não apresentam características de distúrbio nutricional seletivo, pois os teores encontrados não fogem a média. Provavelmente, a pequena quantidade de dados para esta análise, tenha acentuado as diferenças relativas, a ponto de detectar discrepância estatística localizada.

No sítio 4 para dioicia, houve diferença significativa, com as árvores femininas apresentando maiores teores de Fe foliar do que as masculinas. Na análise geral, não foi detectada esta tendência, mas verificando-se os valores numéricos de cada um, estes são sempre muito próximos, com pequena superioridade para as masculinas até o sítio 3. No sítio 4, a diferença foi bem acentuada, com as masculinas apresentando sua menor média e as femininas sua maior média. Os teores de Fe neste caso, parecem caracterizar comportamento diferencial dos sexos, mas de difícil detecção pelos meios disponíveis.

4.4.2 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES NOS SÍTIOS PARA DIOICIA

Os dados para verificação das diferenças nutricionais entre sexos das ervaíras apresentaram-se dispostos em 4 sítios, permitindo a análise de variância para comparar com dados gerais do povoamento. Os resultados dos testes de médias, encontram-se na tabela 14.

TABELA 14: COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES DE ERVA-MATE MASCULINAS E FEMININAS, EM FUNÇÃO DO SÍTIO PARA DIOICIA.

N (g/Kg)				P (g/Kg)				K (g/Kg)			
Masculinas		Femininas		Masculinas		Femininas		Masculinas		Femininas	
Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média
1	31,2 a	1	30,4 a	4	1,8 a	4	1,4 a	4	14,9 a	4	15,2 a
2	25,2 b	2	26,7 a	1	1,3 a b	1	1,2 a b	3	14,4 a	3	12,9 a
3	22,0 b c	3	21,9 b	2	1,0 b	2	1,2 a b	2	14,2 a	2	12,7 a
4	18,4 c	4	17,5 b	3	0,9 b	3	1,0 b	1	11,1 a	1	8,2 b
Ca (g/Kg)				Mg (g/Kg)				Fe (ppm)			
Masculinas		Femininas		Masculinas		Femininas		Masculinas		Femininas	
Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média
4	10,9 a	3	11,8 a	3	9,9 a	3	11,0 a	2	117,6 a	4	115,8 a
3	10,7 a	4	10,2 a b	4	9,2 a	4	9,5 a b	1	112,4 a	2	111,0 a
2	10,2 a	2	9,1 a b	2	8,6 a	1	8,1 b c	3	97,6 a	1	106,6 a
1	6,7 b	1	8,2 b	1	6,7 b	2	7,3 c	4	87,8 a	3	96,8 a
Mn (ppm)				Cu (ppm)				Zn (ppm)			
Masculinas		Femininas		Masculinas		Femininas		Masculinas		Femininas	
Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média
2	2306,6 a	2	3002,6 a	1	15,8 a	1	11,6 a	4	115,8 a	4	124,0 a
1	2055,8 a	1	2395,8 a b	3	10,4 b	2	8,4 b	3	66,0 b	3	91,2 a b
3	1845,8 a	3	2058,6 b c	4	10,0 b	4	8,2 b	2	46,6 b c	2	59,6 b c
4	1797,6 a	4	1379,2 c	2	9,0 b	3	7,0 b	1	25,0 c	1	30,0 c
B (ppm)				Al (ppm)							
Masculinas		Femininas		Masculinas		Femininas					
Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média	Sítio	Média				
4	67,2 a	4	74,8 a	2	952 a	2	848 a				
3	61,0 a b	3	69,8 a	3	752 a b	1	812 a				
2	54,4 a b	2	64,4 a b	1	748 a b	3	808 a				
1	45,6 b	1	51,0 b	4	608 b	4	548 a				

Obs.: médias seguidas de mesma letra, são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de N foliar entre os sítios para dioicia, apresentaram variações similares, tanto nas árvores masculinas como nas femininas, coincidentes a análise dos dados gerais do povoamento, com a mesma tendência de distribuição.

A análise dos sítios para dioicia, demonstrou comportamento idêntico do P à análise dos sítios amostrais, com os sítios mais à base da pendente, possuindo os maiores valores, tanto para erveiras masculinas, como femininas.

Os níveis de K não variaram nas erveiras masculinas, em função da toposequência, quando analisou-se os quatro sítios para dioicia, da mesma forma que o povoamento em geral. No sítio 1 as árvores femininas apresentaram-se menos nutridas em K foliar que as demais, iguais entre si, mas não chegando, no entanto delinear comportamento completamente diferente, pois no teste t para todo povoamento, os valores não diferiram entre masculinas e femininas.

O teste de médias de Ca e Mg foliares, demonstrou tanto para erveiras masculinas como femininas, o mesmo comportamento dos sítios amostrais ao longo da toposequência, coincidindo em teores, distribuição dos grupos homogêneos e amplitude dos valores.

A diferença na distribuição dos teores de Fe foliar, segundo os sítios para dioicia foi não significativa estatisticamente, em árvores masculinas e femininas. Nos sítios amostrais no entanto, foram detectadas diferenças. Os maiores valores nesta análise, são inferiores ou até iguais aos menores valores dos sítios amostrais, demonstrando diferenças entre as épocas, necessitando estudos de variação estacional.

Para Mn foliar, as masculinas não mostraram diferenças estatisticamente significativas, enquanto as femininas distribuíram-se igualmente ao Mn foliar analisados nos sítios do povoamento em geral. A igualdade estatística encontrada para as masculinas, não foi suficiente para demonstrar diferença do resultado do levantamento para os sítios amostrais, devido ao pequeno número de sítios considerados, e as médias foram semelhantes aos valores iniciais.

As árvores masculinas e femininas, no sítio 1 para dioícia, foram superiores aos demais quanto aos níveis de Cu foliar, comportamento quase idêntico aos sítios amostrais. É possível que tenha havido variação significativa em função da época de amostragem, porque neste segundo levantamento, os teores foram em geral pouco mais elevados.

Igualmente aos sítios amostrais, os sítios para dioícia, mostraram a mesma distribuição, tanto nas masculinas como nas femininas, para os níveis de Zn foliar. Os valores, como no primeiro caso, acompanharam a toposequência, aumentando de cima para baixo.

O teste de médias do B foliar nos sítios para dioícia, indicou diferenças estatisticamente significativas com a mesma variação observada na análise geral. Árvores masculinas e femininas aumentaram seus valores médios de cima para baixo. Os teores, foram muito semelhantes nos dois casos e a estratificação dos grupos de médias homogêneas, também se mostraram coincidentes.

Os quatro sítios para dioícia foram iguais em teores de Al foliar nas erveiras femininas. Nas masculinas, o resultado não guardou distribuição em função do gradiente, semelhante ao apurado anteriormente. Tanto em números, como em amplitude, os valores de Al na época de frutificação, foram sempre menores que os levantados no inverno, indicando haver variação estacional.

5 CONCLUSÕES

- 1) O estado nutricional do povoamento foi considerado bom com relação aos níveis de K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e B, médio a baixo para N, muito baixo para P e muito elevado para Mn e Al.
- 2) Os níveis de K nas folhas de erva-mate foram os únicos que não apresentaram diferenças entre os sítios da toposequência.
- 3) Os teores de N foliar apresentaram tendência de diminuir de cima para baixo na pendente, enquanto Ca e Mg aumentaram sutilmente na mesma direção, tendência mais evidente para os teores de Fe, Zn e B. Os demais não se distribuíram relacionados a toposequência.
- 4) Tanto a altura total como a altura da copa e área de projeção da copa das erva-mates diminuíram de cima para baixo na toposequência.
- 5) Embora tenham apresentado diferenças entre os sítios, não se pode associar o incremento do diâmetro da copa, diâmetro da base do tronco, nota para densidade da copa e grau de ataque de lagartas com a distribuição encontrada na toposequência.
- 6) O peso da massa verde, o peso da massa seca e a área foliar apresentaram pequena tendência de diminuição de baixo para cima no gradiente topográfico.

7) A medida que diminuíram os valores de pH e a saturação por bases do solo, aumentaram a altura total, altura da copa e área de projeção da copa. A mesma relação foi observada entre o Ca, Mg e Mn do solo com altura total e da copa.

8) A altura total, altura da copa e área de projeção de copa foram diretamente proporcionais aos níveis de Al trocável e acidez potencial do solo. A altura total e da copa à saturação por alumínio e área de projeção da copa ao P do solo.

9) O N contido nas folhas de erva-mate correlacionou-se positivamente com parâmetros de produtividade, coincidindo à sua função na planta e com os baixos níveis de N nos sítios de menor altura total, altura da copa e área de projeção de copa.

10) Não existe relação de Al foliar com os parâmetros de produtividade das erva-mates, apenas demonstrou-se a alta tolerância da espécie ao acúmulo de alumínio nas folhas.

11) Os baixos teores de P nas folhas de erva-mate não influenciaram as variáveis de produtividade, e como não foram constatados sintomas de deficiência, acredita-se que trate-se de característica da espécie, ao mesmo tempo em que reflete o tipo de solo onde a planta desenvolve-se predominantemente.

12) Acredita-se que há diferentes requerimentos nutricionais para erva-mates masculinas e femininas. As erva-mates masculinas apresentaram maiores teores de Cu do que as femininas, enquanto as femininas apresentaram maiores teores de B do que as masculinas e não foram constatadas diferenças entre os sexos quanto aos níveis foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Al.

ANEXOS

ANEXO 1: RESULTADOS ANALÍTICOS DOS SOLOS DOS SÍTIOS 1 A 10 DO POVOAMENTO DE ERVA-MATE AOS 7 ANOS, S. BENTO DO SUL (SC).

- Sítio 1 (topo do terreno)

HORIZONTE		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA %			%SILTE	g/Kg	pH		
SÍMBOLO	PROF.(cm)	AREIA	SILTE	ARGILA	%ARGILA	C	CaCl ₂	H ₂ O	KCl
A	0 - 5	16	36	48	0,75	42	4,2	4,4	4,3
B	20 - 40	22	30	48	0,62	17	4,1	4,3	4,3
B	40 - 60	24	26	50	0,52	14	4,3	4,4	4,3
B	60 - 80	18	28	58	0,48	11	4,4	4,5	4,3
P	cmol _e / Kg						V (%)	m (%)	
mg / Kg	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T	S .100 / T	Al .100 / Al + S	
7,0	6,8	0,3	7,1	1,4	7,6	16,1	44	7	
1,0	1,7	0,1	1,8	5,3	6,8	13,9	13	75	
1,0	1,7	0,1	1,8	5,1	6,1	13,0	14	74	
1,0	2,1	0,1	2,2	5,0	7,1	14,3	15	70	

- Sítio 2

HORIZONTE		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA %			%SILTE	g/Kg	pH		
SÍMBOLO	PROF.(cm)	AREIA	SILTE	ARGILA	%ARGILA	C	CaCl ₂	H ₂ O	KCl
A	0 - 6	16	32	52	0,61	47	4,0	4,2	4,1
B	20 - 40	22	24	54	0,44	15	4,0	4,4	4,2
B	40 - 60	22	24	54	0,44	12	4,2	4,4	4,3
B	60 - 80	22	20	58	0,34	10	4,3	4,4	4,3
P	cmol _e / Kg						V (%)	m (%)	
mg / Kg	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T	S .100/T	Al .100/Al+S	
2,0	0,8	0,1	0,9	5,0	8,0	14,9	6	85	
1,0	0,8	0,1	0,9	5,0	7,1	13,0	7	85	
1,0	0,8	0,1	0,9	4,9	7,2	13,0	7	85	
1,0	0,5	0,1	0,6	4,3	7,8	12,7	5	88	

- Sítio 3

HORIZONTE		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA %			%SILTE	g/Kg	pH		
SÍMBOLO	PROF.(cm)	AREIA	SILTE	ARGILA	%ARGILA	C	CaCl ₂	H ₂ O	KCl
A	0 - 9	12	30	58	0,51	42	4,0	4,2	4,1
B	20 - 40	12	28	60	0,46	26	4,4	4,5	4,4
B	40 - 60	12	24	64	0,37	23	4,4	4,6	4,5
B	60 - 80	14	22	64	0,34	15	4,4	4,6	4,5
P	cmol _e / Kg						V (%)	m (%)	
mg / Kg	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T	S .100/T	Al .100/Al+S	
2,0	1,1	0,2	1,3	4,8	8,2	14,3	9	79	
1,0	0,7	0,1	0,8	4,3	6,9	12,0	7	84	
1,0	0,7	0,1	0,8	4,4	7,7	12,9	6	85	
1,0	0,8	0,1	0,9	4,0	8,1	13,0	7	82	

- Sítio 4

HORIZONTE		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA %			%SILTE	g/Kg	p H		
SÍMBOLO	PROF.(cm)	AREIA	SILTE	ARGILA	%ARGILA	C	CaCl ₂	H ₂ O	KCl
A	0 - 9	14	28	58	0,48	50	4,2	4,5	4,3
B	20 - 40	12	22	66	0,33	20	4,4	4,6	4,5
B	40 - 60	16	24	60	0,40	20	4,2	4,4	4,4
B	60 - 80	12	24	64	0,37	10	4,3	4,5	4,5
P	cmol _c / Kg						V	m	
mg / Kg	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T	S.100/T	Al.100/Al+S	
2,0	2,8	0,2	3,0	2,8	8,4	14,2	21	48	
1,0	1,2	0,1	1,3	4,0	7,2	12,5	10	76	
1,0	1,2	0,1	1,3	3,6	7,6	12,5	10	74	
1,0	1,2	0,1	1,3	3,7	7,5	12,5	10	74	

- Sítio 5

HORIZONTE		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA %			%SILTE	g/Kg	p H		
SÍMBOLO	PROF.(cm)	AREIA	SILTE	ARGILA	%ARGILA	C	CaCl ₂	H ₂ O	KCl
A	0 - 8	8	30	62	0,48	35	4,4	4,5	4,4
B	20 - 40	12	26	62	0,41	28	4,3	4,5	4,4
B	40 - 60	10	30	60	0,50	16	4,4	4,6	4,4
B	60 - 80	12	28	60	0,46	11	4,1	4,4	4,5
P	cmol _c / Kg						V (%)	m (%)	
mg / Kg	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T	S.100/T	Al.100/Al+S	
2,0	2,7	0,2	2,9	3,2	7,2	13,3	22	52	
1,0	1,5	0,1	1,6	5,0	7,1	13,7	11	76	
1,0	1,1	0,1	1,2	5,6	6,5	13,3	9	83	
1,0	1,2	0,1	1,3	6,1	6,9	14,3	9	83	

- Sítio 6

HORIZONTE		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA %			%SILTE	g/Kg	p H		
SÍMBOLO	PROF.(cm)	AREIA	SILTE	ARGILA	%ARGILA	C	CaCl ₂	H ₂ O	KCl
A	0 - 8	14	30	56	0,53	31	4,6	4,7	4,5
B	20 - 40	12	42	46	0,91	10	4,5	4,7	4,6
B	40 - 60	16	36	48	0,54	9	4,7	5,0	4,8
B	60 - 80	14	38	48	0,79	7	4,3	4,8	4,5
P	cmol _c / Kg						V (%)	m (%)	
mg / Kg	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T	S.100/T	Al.100/Al+S	
1,0	8,2	0,3	8,5	0,9	8,1	17,5	49	10	
1,0	5,1	0,1	5,2	3,0	7,4	15,6	33	37	
1,0	5,6	0,1	5,7	2,4	2,2	10,3	55	30	
1,0	5,4	0,0	5,4	3,5	7,7	16,6	33	39	

- Sítio 7

HORIZONTE		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA %			%SILTE	g/Kg	pH		
SÍMBOLO	PROF. (cm)	AREIA	SILTE	ARGILA	%ARGILA	C	CaCl ₂	H ₂ O	KCl
A	A N T R Ó P I C O								
B	20 - 40	20	30	50	0,60	11	4,2	4,5	4,4
B	40 - 60	22	32	46	0,69	5	4,3	4,5	4,4
B	60 - 80	24	32	44	0,72	7	4,3	4,5	4,4
P	cmol _c / Kg						V (%)		m (%)
mg / Kg	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T	S.100/T		Al.100/Al+S
1,0	3,3	0,1	3,4	3,4	5,6	12,4	27		50
1,0	3,4	0,1	3,5	3,4	6,3	13,2	26		50
1,0	3,8	0,1	3,9	3,2	8,0	15,1	26		45

- Sítio 8

HORIZONTE		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA %			%SILTE	g/Kg	pH		
SÍMBOLO	PROF. (cm)	AREIA	SILTE	ARGILA	%ARGILA	C	CaCl ₂	H ₂ O	KCl
A	0 - 7	16	38	46	0,82	27	4,6	4,9	4,7
B	20 - 40	20	36	44	0,81	9	4,7	5,0	4,8
B	40 - 60	20	38	42	0,90	7	4,3	4,8	4,4
B	60 - 80	18	36	46	0,78	5	4,4	4,9	4,5
P	cmol _c / Kg						V (%)		m (%)
mg / Kg	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T	S.100/T		Al.100/Al+S
1,0	10,4	0,3	10,7	0,6	6,6	17,9	60		5
1,0	7,6	0,1	7,7	3,0	2,3	13,0	59		28
1,0	5,8	0,1	5,9	4,7	5,7	16,3	36		45
1,0	6,7	0,0	6,7	4,9	1,7	13,3	51		42

- Sítio 9

HORIZONTE		COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA %			%SILTE	g/Kg	pH		
SÍMBOLO	PROF. (cm)	AREIA	SILTE	ARGILA	%ARGILA	C	CaCl ₂	H ₂ O	KCl
A	A N T R Ó P I C O								
B	20 - 40	16	36	48	0,75	9	4,4	4,7	4,5
B	40 - 60	14	42	44	0,95	8	4,3	4,6	4,4
B	60 - 80	16	40	44	0,90	6	4,5	4,9	4,6
P	cmol _c / Kg						V (%)		m (%)
mg / Kg	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	K ⁺	S	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	T	S.100/T		Al.100/Al+S
1,0	6,4	0,1	6,5	2,7	5,6	14,8	44		30
1,0	7,0	0,1	7,1	2,4	6,6	16,1	44		25
1,0	7,6	0,0	7,6	2,5	5,2	15,3	50		25

- Sítio 10 (base do terreno)

HORIZONTE		COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA %			%SILTE	g/Kg	p H		
SÍMBOLO	PROF (cm)	AREIA	SILTE	ARGILA	%ARGILA	C	CaCl ₂	H ₂ O	KCl
A	0 - 10	24	40	36	1,11	27	4,7	5,0	4,8
B	20 - 40	36	30	34	0,88	9	4,8	5,1	4,9
B	40 - 60	30	32	38	0,84	6	4,4	4,8	4,6
B	60 - 80	28	30	42	0,71	4	4,7	5,3	4,8
P	cmol _c / Kg						V (%)		m (%)
mg / Kg	Ca ⁺² +Mg ⁺²	K ⁺	S	Al ⁺³	H ⁺	T	S.100/T		Al.100/Al+S
1,0	9,6	0,2	9,8	0,3	5,9	16,0	61		3
1,0	7,4	0,1	7,5	0,2	9,5	17,2	44		3
1,0	7,7	0,1	7,8	0,5	6,7	15,0	52		6
1,0	7,6	0,1	7,7	0,6	5,1	13,4	57		7

ANEXO 2: CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS DOS SÍTIOS DO POVOAMENTO DE ERVAMATE AOS SETE ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC).

- a) Sítio 1: Cambissolo Tb Álico A moderado textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo ondulado.
- b) Sítio 2: Cambissolo Tb Álico A moderado textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo forte ondulado.
- c) Sítios 3 e 5: Cambissolo Tb Álico A moderado textura muito argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo forte ondulado
- d) Sítio 4: Cambissolo Tb Álico A moderado textura muito argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo montanhoso.
- e) Sítio 6: Cambissolo Ta Distrófico A moderado textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo montanhoso.
- f) Sítio 7: Cambissolo Tb Distrófico A antrópico textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo forte ondulado.
- g) Sítio 8: Cambissolo Ta Distrófico A moderado textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo forte ondulado.
- h) Sítio 9: Cambissolo Ta Distrófico A antrópico textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo montanhoso.
- i) Sítio 10: Cambissolo Ta Eutrófico A moderado textura argilosa, fase Floresta Subtropical Perenifólia, relevo forte ondulado.

ANEXO3: RESULTADOS ANALÍTICOS DOS SOLOS (0-20 CM) PARA INTERPRETAÇÃO DA FERTILIDADE DO PLANTIO DE ERVA-MATE AOS 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC):

Sítio/ Repet	pH CaCl ₂	Al ⁺⁺⁺	H+Al	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	T	C	V	m	Fe	P	Mn	Cu	Zn
		cmol _c / Kg						g/Kg		%			mg / Kg		
1/1	3,9	4,4	16,3	2,1	1,3	0,19	19,9	3,3	18	55	0,43	8	49	1,1	1,7
1/2	4,1	2,0	12,1	4,2	2,2	0,19	18,7	3,6	35	23	0,48	9	71	0,9	3,6
1/3	4,0	2,2	12,1	2,8	2,3	0,32	17,5	3,2	31	29	0,43	5	48	0,7	1,8
1/4	3,9	2,9	13,0	2,6	2,0	0,41	18,0	3,0	28	37	0,41	15	38	1,0	2,1
1/5	3,8	3,9	14,0	2,4	1,8	0,34	18,5	3,3	25	46	0,39	10	46	1,3	3,7
2/1	3,7	5,4	16,3	0,4	0,7	0,12	17,5	3,0	7	82	0,30	3	13	0,6	1,1
2/2	3,8	4,9	13,0	0,6	0,7	0,19	14,5	4,2	10	77	0,29	3	20	0,6	1,4
2/3	3,8	4,9	15,1	0,7	0,8	0,18	16,8	3,6	10	75	0,28	3	31	0,5	2,0
2/4	3,7	5,3	16,3	0,3	0,4	0,16	17,2	4,3	5	86	0,25	5	11	0,4	1,5
2/5	3,6	6,3	16,3	0,4	0,3	0,12	17,1	3,7	5	89	0,21	3	8	0,5	1,7
3/1	3,8	4,8	15,1	1,0	1,0	0,12	17,2	3,2	12	69	0,20	3	60	3,1	1,6
3/2	3,7	5,2	16,3	0,4	0,3	0,12	17,1	2,6	5	86	0,22	2	18	3,8	1,3
3/3	3,8	5,0	15,1	0,4	0,5	0,13	16,1	3,3	6	83	0,21	3	38	4,6	1,6
3/4	3,7	5,5	16,3	0,4	0,5	0,14	17,3	3,3	6	84	0,10	3	29	2,7	1,3
3/5	3,7	5,4	16,3	0,3	0,8	0,14	17,5	3,6	7	81	0,20	3	25	3,0	1,3
4/1	3,8	4,7	15,1	0,2	0,7	0,24	16,2	3,6	7	81	0,22	3	33	7,4	1,8
4/2	4,0	3,5	14,0	1,5	0,9	0,17	16,6	4,1	16	58	0,24	2	41	9,6	2,3
4/3	4,0	3,9	15,1	1,3	1,3	0,17	17,9	3,3	16	59	0,28	3	38	6,0	3,5
4/4	3,7	5,2	16,3	0,2	0,8	0,17	17,5	4,1	7	82	0,29	3	24	4,8	1,6
4/5	4,0	3,0	14,0	2,0	0,8	0,18	17,0	5,0	18	50	0,28	3	33	5,2	1,7
5/1	3,9	5,4	15,1	0,7	0,7	0,24	16,7	3,6	10	77	0,32	4	31	6,0	2,3
5/2	4,0	4,5	15,1	1,3	1,3	0,17	17,9	2,9	16	62	0,25	2	44	4,4	4,4
5/3	4,1	3,7	14,0	2,8	1,6	0,17	18,6	3,2	25	45	0,27	2	55	3,9	2,2
5/4	4,3	1,9	11,2	3,4	1,4	0,20	16,2	4,0	31	28	0,24	3	34	3,6	3,2
5/5	4,0	3,8	13,0	1,7	1,4	0,28	16,4	3,4	21	53	0,28	3	34	4,0	1,6
6/1	4,2	2,8	12,1	3,8	2,6	0,32	18,8	3,3	36	29	0,36	2	53	5,2	2,6
6/2	4,0	4,0	14,0	1,1	3,7	0,21	19,0	2,3	26	44	0,36	1	39	4,5	1,9
6/3	4,3	1,4	10,4	5,4	3,2	0,19	19,2	2,7	46	14	0,30	1	98	4,1	3,6
6/4	4,4	1,2	9,7	4,0	2,7	0,17	16,6	2,7	42	15	0,39	1	75	4,0	2,8
6/5	4,4	1,5	9,7	4,4	3,1	0,21	17,4	2,7	44	16	0,29	1	55	4,1	3,5
7/1	4,4	1,4	9,0	2,8	3,0	0,45	15,3	2,3	41	18	0,25	2	69	0,9	2,5
7/2	4,0	3,5	12,1	1,9	2,7	0,33	17,0	1,6	29	42	0,25	1	39	1,1	2,3
7/3	4,5	0,7	8,3	4,4	3,1	0,32	16,1	2,0	49	8	0,19	1	106	1,2	3,4
7/4	4,4	1,0	9,0	4,2	3,1	0,46	16,8	2,5	46	11	0,26	2	94	2,1	2,6
7/5	4,3	2,2	10,4	3,2	3,3	0,45	17,4	1,8	40	24	0,29	1	79	1,8	2,2
8/1	4,9	0,2	6,6	9,1	3,5	0,17	19,4	3,2	66	2	0,32	1	82	2,2	1,6
8/2	5,1	0,0	5,7	9,5	3,6	0,26	19,1	3,8	70	0	0,31	1	41	1,8	2,2
8/3	5,0	0,0	6,2	9,7	4,0	0,20	20,1	3,9	69	0	0,28	2	65	2,4	2,4
8/4	4,6	1,0	9,0	7,4	3,0	0,33	19,7	3,1	54	9	0,31	2	58	2,6	1,6
8/5	4,9	0,3	7,2	9,6	4,8	0,18	21,8	3,2	67	2	0,30	2	150	2,1	3,7
9/1	4,9	0,3	6,6	8,6	3,5	0,22	18,9	2,3	65	2	0,31	1	69	3,9	2,8
9/2	5,1	0,0	5,7	9,7	3,7	0,16	19,3	2,7	70	0	0,31	1	68	2,1	2,9
9/3	5,0	0,0	5,7	10,2	3,2	0,14	19,2	2,2	70	0	0,30	1	66	2,1	2,5
9/4	5,1	0,0	5,3	11,4	3,0	0,14	19,8	3,1	73	0	0,34	1	69	1,6	3,4
9/5	4,7	0,8	7,2	7,6	2,2	0,14	17,1	1,9	58	7	0,26	1	57	3,7	1,5
10/1	5,0	0,0	6,6	8,4	2,7	0,21	17,9	3,6	63	0	0,34	3	126	2,2	10,1
10/2	5,0	0,0	6,2	8,6	2,8	0,21	17,8	3,7	65	0	0,30	2	136	2,0	10,3
10/3	4,8	0,2	6,2	6,4	2,7	0,18	15,5	2,3	60	2	0,36	3	146	2,4	3,9
10/4	4,7	0,3	7,7	6,1	2,3	0,32	16,4	2,0	53	3	0,34	2	103	3,4	2,6
10/5	5,0	0,0	6,6	9,8	3,1	0,42	19,9	2,3	67	0	0,38	1	104	4,6	2,9
Média	4,27	2,61	11,39	4,03	2,10	0,23	17,75	3,11	35	37	0,30	2,86	58,3	2,96	2,68
CV%	11,38	79,21	33,71	86,73	56,76	42,06	8,11	23,37	66,93	86,90	22,38	91,29	59,1	65,62	65,43

ANEXO 4: ANÁLISES DE VARIÂNCIA DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS DO SOLO (0 - 20 CM) DO PLANTIO DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM S. BENTO SUL (SC), DELIN. INTEIRAM. CASUAL., 10 TRATAMENTOS E 5 REPETIÇÕES:

VARIÁVEL	F. V.	GL	SQ	QM	F	α	Significância
pH	Sítios	9	10.729	1.192	55.706	0.0000	**
CaCl ₂	Erro	40	0.856	0.021			
	Total	49	11.585				
Al ⁺⁺⁺	Sítios	9	181.545	20.172	28.941	0.0000	**
cmol _c / Kg	Erro	40	27.880	0.697			
	Total	49	209.425				
H ⁺ + Al ⁺⁺⁺	Sítios	9	652.908	72.545	41.407	0.0000	**
cmol _c / Kg	Erro	40	70.080	1.752			
	Total	49	722.988				
Ca ⁺⁺	Sítios	9	550.888	61.210	52.014	0.0000	**
cmol _c / Kg	Erro	40	47.072	1.177			
	Total	49	597.960				
Mg ⁺⁺	Sítios	9	63.489	7.054	45.076	0.0000	**
cmol _c / Kg	Erro	40	6.260	0.156			
	Total	49	69.749				
K ⁺	Sítios	9	0.287	0.031	8.408	0.0000	**
cmol _c / Kg	Erro	40	0.151	0.004			
	Total	49	0.438				
T	Sítios	9	56.944	6.327	5.692	0.0000	**
cmol _c / Kg	Erro	40	44.460	1.111			
	Total	49	101.404				
P	Sítios	9	267.220	29.691	17.779	0.0000	**
mg / Kg	Erro	40	66.800	1.670			
	Total	49	334.020				
C	Sítios	9	16.660	1.851	8.003	0.0000	**
g / Kg	Erro	40	9.252	0.231			
	Total	49	25.912				
m	Sítios	9	45632.954	5070.328	43.600	0.0000	**
%	Erro	40	4651.724	116.293			
	Total	49	50284.678				
V	Sítios	9	25201.856	2800.206	74.099	0.0000	**
%	Erro	40	1511.604	37.790			
	Total	49	26713.460				
Fe	Sítios	9	0.177	0.019	20.426	0.0000	**
%	Erro	40	0.038	0.001			
	Total	49	0.215				
Mn	Sítios	9	42008.020	4667.557	11.623	0.0000	**
mg/Kg	Erro	40	16063.200	401.580			
	Total	49	58071.220				
Cu	Sítios	9	151.535	16.837	20.528	0.0000	**
mg / Kg	Erro	40	32.808	0.820			
	Total	49	184.343				
Zn	Sítios	9	70.517	7.835	3.900	0.0000	**
mg / Kg	Erro	40	80.356	2.008			
	Total	49	150.873				

Obs.: ns = não significativo * = significativo a 5% de probabilidade ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade

ANEXO 5: RESULTADOS DA ANÁLISE FOLIAR DO POVOAMENTO DE
ERVA-MATE AOS 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC):

Sítio/ Repet.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Al
	g / Kg					ppm					
1/1	21,7	2,1	9,7	10,5	9,8	118	1450	8	81	57	1020
1/2	23,3	1,6	9,7	9,2	8,1	103	1550	11	86	52	840
1/3	23,8	2,0	15,0	7,6	7,0	144	1364	10	63	43	820
1/4	22,9	2,0	10,4	8,8	8,3	116	1473	9	68	56	840
1/5	25,4	1,7	16,6	7,6	7,6	94	1641	10	91	48	820
2/1	26,0	0,9	11,2	7,8	6,4	145	1514	8	69	48	680
2/2	22,2	0,9	14,5	7,2	6,7	113	1241	8	58	50	840
2/3	22,6	0,8	11,0	8,1	9,5	102	1338	8	68	55	1100
2/4	25,3	1,2	11,4	7,0	5,3	136	2740	12	30	43	1040
2/5	26,7	0,5	8,2	6,7	5,9	115	3030	11	60	43	940
3/1	23,8	0,9	9,0	8,0	8,4	151	2510	9	46	50	820
3/2	23,3	0,9	8,6	7,2	6,0	159	3100	8	46	44	1100
3/3	22,7	0,8	10,7	7,8	6,7	110	3050	9	55	53	1000
3/4	23,5	0,9	6,0	7,1	7,0	104	3710	7	42	49	1020
3/5	20,5	0,8	6,6	9,4	7,9	154	3090	7	37	58	1260
4/1	26,4	0,8	11,6	8,9	6,8	111	2990	8	83	47	1040
4/2	22,7	0,9	10,4	8,9	7,5	154	3010	10	56	54	1260
4/3	24,6	0,9	12,3	8,8	7,1	147	2720	8	111	62	1340
4/4	21,9	0,8	8,7	7,5	6,4	133	2850	8	50	55	1160
4/5	25,4	0,9	11,7	8,7	7,6	123	1460	9	55	63	1080
5/1	21,6	0,8	12,6	7,4	6,6	146	1948	8	80	46	1100
5/2	22,3	0,8	11,8	9,8	7,7	198	3420	7	93	54	1300
5/3	20,5	0,8	10,7	9,3	8,5	163	3070	7	50	62	1360
5/4	24,3	0,9	9,3	9,5	7,7	159	3140	8	135	53	1240
5/5	19,5	0,8	8,2	8,9	8,4	157	3080	8	103	52	1060
6/1	20,0	0,8	9,3	9,6	9,1	140	1782	6	109	53	1180
6/2	20,5	0,9	11,6	10,4	9,1	124	2290	6	142	58	1300
6/3	21,1	0,9	9,9	9,6	8,6	154	2860	7	109	58	1100
6/4	18,1	0,7	7,1	14,2	11,2	153	2390	6	145	60	1380
6/5	19,6	0,8	10,7	10,6	10,5	154	2520	7	146	84	1400
7/1	19,4	1,2	12,3	8,0	7,9	113	2790	6	77	64	1180
7/2	21,7	1,2	11,1	8,1	7,7	140	2710	9	73	57	1380
7/3	22,5	1,2	10,2	11,3	9,2	174	5750	7	112	79	1180
7/4	18,7	1,1	12,0	10,0	9,1	181	2890	7	70	57	1400
7/5	23,9	1,2	14,1	8,3	7,5	137	3030	8	158	50	1140
8/1	19,2	0,8	8,7	11,5	9,9	200	1004	7	73	73	1160
8/2	20,0	0,8	9,6	1,12	9,3	284	1440	5	80	71	1380
8/3	22,6	0,9	11,5	8,8	8,0	154	1700	8	132	58	940
8/4	21,1	0,8	10,0	11,1	9,9	306	1378	8	67	67	1220
8/5	22,3	0,8	10,2	9,8	8,7	200	994	9	114	79	1080
9/1	17,4	0,8	10,0	10,3	11,0	202	1232	6	150	78	1140
9/2	20,9	0,9	11,1	9,5	9,0	280	1122	7	99	56	760
9/3	20,0	0,8	11,3	8,8	8,5	176	1004	7	95	70	700
9/4	20,0	0,9	11,4	8,0	7,4	169	690	7	125	50	600
9/5	18,5	0,8	8,7	12,2	11,9	220	1378	7	130	77	1100
10/1	19,1	2,8	11,6	8,9	8,1	224	1187	9	107	53	840
10/2	15,2	1,9	11,3	10,5	9,6	199	1274	8	131	78	960
10/3	14,8	2,0	7,4	11,1	9,3	215	2530	7	132	79	1260
10/4	17,9	1,6	10,3	9,5	8,4	191	1310	9	139	74	1080
10/5	18,8	1,5	10,1	10,4	9,6	180	1354	6	138	84	800
Média	21,5	1,1	10,5	9,2	8,3	160	2182	8	91,38	59,28	1075
CV %	12,53	42,92	19,18	16,59	17,12	29,21	44,56	18,13	38,30	19,63	19,40

ANEXO 6 : ANÁLISES DE VARIÂNCIA DAS VARIÁVEIS QUÍMICAS FOLIARES DO PLANTIO DE ERVA-MATE AOS 7 ANOS EM S. BENTO SUL (SC), EM DELIN. INTEIRAM. CASUAL., 10 TRATAMENTOS E 5 REPETIÇÕES:

VARIÁVEL	F. V.	GL	SQ	QM	F	α	Significância
N g/Kg	Sítios	9	2.416	0.268	9.351	0.0000	* *
	Erro	40	1.148	0.029			
	Total	49	3.564				
P g/Kg	Sítios	9	0.091	0.010	25.724	0.0000	* *
	Erro	40	0.016	0.000			
	Total	49	0.107				
K g/Kg	Sítios	9	0.618	0.069	1.978	0.0680	ns
	Erro	40	1.389	0.035			
	Total	49	2.007				
Ca g/Kg	Sítios	9	0.565	0.063	4.378	0.0005	* *
	Erro	40	0.573	0.014			
	Total	49	1.138				
Mg g/Kg	Sítios	9	0.506	0.056	4.731	0.0003	* *
	Erro	40	0.476	0.012			
	Total	49	0.982				
Fe ppm	Sítios	9	70159.300	7795.478	8.309	0.0000	* *
	Erro	40	37529.200	938.230			
	Total	49	107688.500				
Mn ppm	Sítios	9	30430396	3381155.1	8.513	0.0000	* *
	Erro	40	15886792	397169.8			
	Total	49	46317188				
Cu ppm	Sítios	9	48.500	5.389	4.145	0.0008	* *
	Erro	40	52.000	1.300			
	Total	49	100.500				
Zn ppm	Sítios	9	38611.780	4290.198	8.012	0.0000	* *
	Erro	40	21418.000	535.450			
	Total	49	60029.780				
B ppm	Sítios	9	3440.080	382.231	4.790	0.0002	* *
	Erro	40	3192.000	79.800			
	Total	49	6632.080				
Al ppm	Sítios	9	1144968.0	127218.67	5.165	0.0001	* *
	Erro	40	985280.0	24632.00			
	Total	49	2130248.0				

Obs.: ns = não significativo * = significativo a 5% de probabilidade * * = significativo a 5 e 1% de probabilidade

ANEXO 7: RESULTADOS DAS VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE DE ERVA-MATE AOS 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC).

Sítio/ Repet.	Ht	Hc	Dc	APC	DAB	PMV	PMS	AF	NDC	GAL
	m	m		m ²	cm	g		cm ²	1 - 5	%
1/1	4.14	3.52	1.88	3.34	15.40	80.72	34.01	5075.79	3.20	9.95
1/2	3.99	3.21	1.61	3.50	14.39	78.11	32.17	4560.19	2.60	8.75
1/3	3.96	3.28	1.63	3.40	14.07	79.99	31.64	4546.16	4.00	8.05
1/4	3.65	2.81	1.24	3.60	14.45	84.27	35.79	4304.82	3.00	9.75
1/5	3.74	3.10	0.93	2.73	11.59	98.67	41.81	5299.55	2.60	10.00
2/1	3.81	3.23	1.29	2.90	14.96	103.17	42.05	5357.92	4.00	8.25
2/2	3.84	3.16	1.39	2.62	12.86	96.85	40.52	5744.62	3.20	9.80
2/3	3.74	3.18	1.40	2.57	11.21	101.63	40.58	5109.84	3.80	8.45
2/4	3.37	2.85	1.23	2.53	10.38	89.86	38.75	4808.26	3.60	9.30
2/5	3.49	3.03	1.47	2.90	11.27	96.42	42.17	4959.05	4.00	6.05
3/1	4.01	3.37	1.34	2.42	15.22	102.05	42.56	6075.39	3.40	6.95
3/2	3.48	2.88	1.29	2.25	15.47	81.26	36.42	4718.27	2.20	8.05
3/3	3.98	3.46	1.50	2.57	18.14	96.77	43.27	5659.50	2.60	9.25
3/4	3.72	3.20	1.62	2.60	14.58	87.46	40.51	4856.90	3.60	8.50
3/5	3.84	2.98	1.49	2.43	13.24	96.07	56.80	5090.39	3.60	10.60
4/1	3.68	3.22	1.53	2.39	13.50	112.12	44.86	5528.16	2.80	11.35
4/2	3.63	3.23	1.58	2.59	12.60	148.12	65.16	7413.04	3.20	10.65
4/3	4.27	3.69	1.57	2.85	13.05	117.66	48.78	6831.77	3.00	10.65
4/4	4.18	3.50	1.78	2.87	12.92	83.80	34.49	4638.01	2.60	10.35
4/5	3.97	3.35	1.53	2.47	13.37	94.79	39.72	5319.00	3.00	10.55
5/1	3.47	3.06	1.63	2.87	12.67	101.62	44.21	5678.95	2.80	9.95
5/2	3.26	2.68	1.42	2.07	13.24	123.75	52.08	6257.79	2.60	16.10
5/3	3.46	2.90	1.51	2.59	11.52	96.86	44.46	5610.85	3.40	8.55
5/4	3.25	2.85	1.24	2.10	12.03	119.05	49.29	6294.27	2.60	12.65
5/5	2.96	2.30	1.48	2.20	10.38	89.32	38.30	4715.84	2.80	10.05
6/1	2.73	2.39	1.53	2.32	12.22	104.62	42.37	5165.78	3.00	10.65
6/2	2.78	2.34	1.57	2.13	12.16	154.86	64.27	7060.39	3.00	14.60
6/3	2.97	2.37	1.65	2.53	13.56	113.30	48.07	6712.60	3.60	4.80
6/4	2.96	2.54	1.47	2.50	11.59	107.40	44.60	5367.64	4.20	12.25
6/5	2.76	2.20	1.57	2.68	12.67	107.52	45.27	5401.69	3.80	10.35
7/1	3.61	3.07	1.13	2.14	10.12	106.71	45.39	6109.44	2.00	7.15
7/2	3.37	3.17	1.15	1.83	11.71	73.77	33.14	4127.27	2.60	7.40
7/3	3.29	2.69	1.20	1.60	11.52	140.25	62.91	7218.47	2.20	5.90
7/4	3.48	2.96	1.21	1.86	14.58	146.86	63.11	6761.24	3.00	10.60
7/5	3.10	2.66	1.19	1.77	13.05	97.08	38.16	5742.19	3.40	8.55
8/1	2.41	2.05	1.28	1.76	10.76	105.22	48.52	5428.45	2.40	8.65
8/2	2.68	2.18	1.37	1.93	11.33	84.35	39.53	4978.51	2.40	7.40
8/3	2.24	1.96	1.48	1.87	10.63	77.64	34.30	4735.30	3.40	10.25
8/4	2.54	2.24	1.45	1.99	12.67	96.16	42.38	5163.35	2.40	8.85
8/5	2.42	1.96	1.24	1.61	10.63	89.71	39.83	4878.79	2.60	11.80
9/1	2.70	2.24	1.08	1.39	11.65	114.92	47.20	6196.99	2.20	5.80
9/2	2.75	2.41	1.17	1.71	13.94	111.89	46.92	6316.16	2.60	4.45
9/3	2.52	2.06	1.31	2.09	14.32	124.50	49.58	6603.15	3.00	8.05
9/4	3.02	2.62	1.41	1.85	13.63	134.53	52.82	7308.46	3.00	7.10
9/5	3.18	2.74	1.42	1.98	16.30	128.32	52.86	6323.46	3.20	8.73
10/1	2.66	2.28	1.38	2.21	12.61	125.03	53.42	5863.79	2.40	8.20
10/2	2.42	1.96	1.40	2.25	15.47	111.08	51.69	6196.99	2.80	8.65
10/3	2.20	1.84	1.44	2.14	14.32	119.24	52.99	6685.84	2.60	8.30
10/4	2.54	2.12	1.44	1.57	11.39	110.62	50.60	5766.51	3.40	5.55
10/5	1.98	1.60	1.46	1.95	9.74	116.44	54.82	6318.60	3.60	7.75
Média	3.24	2.73	1.41	2.34	12.90	105.25	45.30	5653.71	3.02	9.09
CV%	18.49	19.08	13.00	21.85	13.77	18.29	18.49	14.87	18.06	24.72

Obs.: Ht = altura total; Hc = altura da copa; Dc = diâmetro da copa; APC = área de projeção de copa; DAB = diâmetro a altura da base do tronco; PMV = peso da matéria verde; PMS = peso da matéria seca; AF = área foliar; NDC = nota para densidade de copa; GAL = grau de ataque de lagartas.

ANEXO 8: ANÁLISES DE VARIÂNCIA DAS VARIÁVEIS DE PRODUTIVIDADE DE ERVA-MATE, 7 ANOS EM S. BENTO SUL (SC), EM FUNÇÃO DO SÍTIO, DELIN. INTEIRAM. CASUAL., 10 TRATAMENTOS E 5 REPETIÇÕES

VARIÁVEL	F.V.	GL	SQ	QM	F	α	Significância
Ht	Sítios	9	15,732	1,748	36,711	0,0000	* *
	Erro	40	1,905	0,048			
	Total	49	17,637				
m	Sítios	9	11,323	1,258	25,046	0,0000	* *
	Erro	40	2,009	0,050			
	Total	49	13,332				
Hc	Sítios	9	0,702	0,078	3,292	0,0043	* *
	Erro	40	0,948	0,024			
	Total	49	1,650				
Dc	Sítios	9	10,425	1,158	19,423	0,0000	* *
	Erro	40	2,385	0,059			
	Total	49	12,810				
APC	Sítios	9	66,604	7,400	3,366	0,0037	* *
	Erro	40	87,955	2,199			
	Total	49	154,559				
m ²	Sítios	9	7746,379	860,709	3,310	0,0042	* *
	Erro	40	10401,612	260,040			
	Total	49	18147,991				
DAB	Sítios	9	1234,237	137,138	2,488	0,0232	*
	Erro	40	2205,162	55,129			
	Total	49	3439,399				
PMV	Sítios	9	14789497	1643277,4	3,309	0,0042	* *
	Erro	40	19865431	496635,8			
	Total	49	34654928				
g	Sítios	9	5,652	0,628	2,814	0,0117	*
	Erro	40	8,928	0,223			
	Total	49	14,580				
PMS	Sítios	9	97,991	10,888	2,917	0,0094	* *
	Erro	40	149,286	3,732			
	Total	49	247,277				
AF	Sítios	9					
	Erro	40					
	Total	49					
cm ²	Sítios	9					
	Erro	40					
	Total	49					
NDC	Sítios	9					
	Erro	40					
	Total	49					
l - 5	Sítios	9					
	Erro	40					
	Total	49					
GAL	Sítios	9					
	Erro	40					
	Total	49					
%	Sítios	9					
	Erro	40					
	Total	49					

Obs.: ns = não significativo; * = significativo a 5%; ** = significativo a 1% .

ANEXO 9: RESULTADOS DA ANÁLISE FOLIAR DE ERVA-MATE MASCULINAS (M) E FEMININAS (F), 7 ANOS EM SÃO BENTO DO SUL (SC).

Sítio / Repet.	N(g/kg)		P(g/kg)		K(g/kg)		Ca(g/kg)		Mg(g/kg)		Fe(ppm)		Mn(ppm)		Cu(ppm)		Zn(ppm)		B(ppm)		Al (ppm)	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
1/1	32,2	30,5	1,3	1,3	7,1	6,5	6,9	7,9	7,3	8,4	126	100	1859	2588	16	12	17	29	49	43	940	780
1/2	33,3	33,5	1,3	1,3	11,8	8,1	5,2	6,2	5,1	6,6	102	93	1588	1912	19	13	21	16	47	46	700	680
1/3	32,5	31,4	1,4	1,3	10,9	7,7	7,0	8,2	7,3	8,3	124	129	2638	2869	19	12	27	32	38	43	680	880
1/4	31,9	31,7	1,3	1,2	13,8	7,8	6,2	7,4	5,7	7,1	99	93	2074	2590	16	12	28	36	47	50	660	760
1/5	26,3	25,0	1,1	1,1	11,8	10,8	8,1	11,4	8,2	10,1	111	118	2120	2020	9	9	32	37	47	73	760	960
2/1	27,4	27,7	1,1	1,3	14,9	9,9	9,4	8,6	7,6	7,1	112	113	2368	2305	9	8	38	35	60	57	880	780
2/2	28,5	25,4	1,1	1,3	16,6	12,4	12,2	9,2	8,8	6,6	110	149	2524	3567	7	9	43	29	61	72	1100	1220
2/3	23,7	26,5	1,0	1,1	14,4	13,2	10,2	9,0	9,1	7,2	177	108	2007	2798	10	8	55	79	50	75	1020	760
2/4	25,2	27,4	1,0	1,2	10,8	14,2	9,5	9,7	8,1	7,6	97	91	2783	3389	10	8	38	65	56	61	820	760
2/5	21,1	26,6	1,0	1,2	14,1	15,0	9,9	9,2	9,2	8,0	92	94	1851	2954	9	9	59	90	45	57	940	720
3/1	23,0	23,2	1,0	1,1	15,2	14,8	10,1	10,3	10,3	9,4	85	99	1932	2498	9	7	79	100	64	75	960	940
3/2	21,7	22,6	0,9	1,0	15,9	12,9	10,9	14,7	9,2	11,5	108	93	1710	2466	10	9	83	123	54	57	800	1040
3/3	22,6	22,3	0,8	1,0	16,1	12,6	11,0	11,5	9,2	10,6	87	73	1935	2214	9	7	71	66	70	77	660	660
3/4	21,3	23,8	0,9	1,1	13,7	15,6	10,5	11,4	9,5	10,7	86	101	1510	1584	10	7	33	59	65	79	640	660
3/5	21,4	17,8	1,0	0,9	11,0	7,6	10,9	11,2	11,2	12,7	122	118	2142	1531	14	5	64	108	52	61	700	740
4/1	18,9	22,3	1,9	1,5	14,0	13,7	12,3	9,4	10,7	9,3	97	110	1983	1977	10	10	127	93	52	78	700	620
4/2	22,7	15,6	2,7	2,0	15,2	13,3	10,9	12,7	8,8	11,3	93	135	1127	1646	15	7	101	128	73	81	360	580
4/3	16,6	16,6	1,5	1,2	13,9	13,8	11,1	9,4	9,4	8,8	83	105	1979	1240	9	7	112	135	61	74	640	780
4/4	15,9	18,0	1,4	1,3	18,3	17,0	9,7	11,0	7,7	9,7	84	114	2550	1127	9	7	119	150	88	73	820	380
4/5	17,8	15,1	1,4	1,1	13,3	18,1	10,4	8,7	9,3	8,2	82	115	1349	906	7	10	120	114	62	68	520	380

Obs.: M = masculinas; F = femininas

ANEXO 10: RESULTADOS DO TESTE “T” PARA COMPARAÇÃO DOS NÍVEIS DE ELEMENTOS QUÍMICOS FOLIARES DE ERVEIRAS MASCULINAS E FEMININAS, POR SÍTIO PARA DIOICIA, 7 ANOS EM S. BENTO SUL (SC).

Sítio		Sítio para Dioicia 1							Sítio para Dioicia 2						
Element	Sexo	N obs	Média	Variân.	D. Pad	t estat.	N. sign	T. Hip.	N obs	Média	Variân.	D. Pad	t estat.	N. sign	T. Hip.
N	M	5	31,2	0,078	0,281	0,429	0,679	Ac.H0	5	25,2	0,086	0,294	-1,11	0,296	Ac.H0
(g/kg)	F	5	31,4	0,103	0,321				5	26,7	0,008	0,089			
P	M	5	1,3	1,2 -4	0,011	0,632	0,544	Ac.H0	5	1,0	3,0 -5	5,4 -3	-4,02	0,004	Rj.H0
(g/kg)	F	5	1,2	8,0 -5	8,9 -3				5	1,2	7,0 -5	8,3 -3			
K	M	5	11,1	0,061	0,246	2,212	0,057	Ac.H0	5	14,2	0,044	0,211	0,945	0,372	Ac.H0
(g/kg)	F	5	8,2	0,025	0,158				5	12,9	0,038	0,196			
Ca	M	5	6,7	0,011	0,107	-1,55	0,157	Ac.H0	5	10,2	0,013	0,114	2,034	0,076	Ac.H0
(g/kg)	F	5	8,2	0,037	0,193				5	9,1	0,001	0,039			
Mg	M	5	6,7	0,016	0,127	-1,65	0,136	Ac.H0	5	8,6	0,004	0,068	3,246	0,011	Rj.H0
(g/kg)	F	5	8,1	0,018	0,135				5	7,3	0,002	0,052			
Fe	M	5	112	152,3	12,34	0,637	0,541	Ac.H0	5	118	1174	34,26	0,356	0,730	Ac.H0
(ppm)	F	5	107	261,3	16,16				5	111	536,5	23,16			
Mn	M	5	2056	150244	387,6	-1,34	0,215	Ac.H0	5	2306	143830	379,3	-2,48	0,038	Rj.H0
(ppm)	F	5	2396	168465	410,4				5	3002	249680	499,7			
Cu	M	5	16	16,70	4,086	2,154	0,063	Ac.H0	5	9	1,50	1,224	1,000	0,346	Ac.H0
(ppm)	F	5	12	2,30	1,516				5	8	0,30	0,547			
Zn	M	5	25	35,50	5,958	-1,08	0,311	Ac.H0	5	47	96,3	9,813	-1,02	0,338	Ac.H0
(ppm)	F	5	30	71,50	8,455				5	60	717,8	26,79			
B	M	5	46	18,80	4,335	-0,90	0,392	Ac.H0	5	54	46,30	6,804	-2,05	0,074	Ac.H0
(ppm)	F	5	51	159,5	12,63				5	64	72,80	8,532			
Al	M	5	748	12920	113,6	-0,91	0,390	Ac.H0	5	952	12320	110,9	0,982	0,354	Ac.H0
(ppm)	F	5	812	11920	109,1				5	848	43720	209,1			
		Sítio para Dioicia 3							Sítio para Dioicia 4						
N	M	5	22,0	0,005	0,075	0,053	0,958	Ac.H0	5	18,4	0,071	0,267	0,488	0,638	Ac.H0
(g/kg)	F	5	21,9	0,056	0,238				5	17,5	0,083	0,289			
P	M	5	0,9	7,0 -5	0,008	-1,88	0,095	Ac.H0	5	1,8	0,003	0,055	1,221	0,256	Ac.H0
(g/kg)	F	5	1,0	7,0 -5	0,008				5	1,4	0,001	0,035			
K	M	5	14,4	0,044	0,211	0,997	0,347	Ac.H0	5	14,9	0,040	0,200	-0,18	0,861	Ac.H0
(g/kg)	F	5	12,7	0,097	0,311				5	15,2	0,048	0,220			
Ca	M	5	10,7	0,001	0,037	-1,48	0,176	Ac.H0	5	10,9	0,009	0,096	0,762	0,467	Ac.H0
(g/kg)	F	5	11,8	0,028	0,167				5	10,2	0,026	0,161			
Mg	M	5	9,9	0,007	0,086	-1,64	0,138	Ac.H0	5	9,2	0,011	0,108	-0,39	0,705	Ac.H0
(g/kg)	F	5	11,0	0,014	0,121				5	9,5	0,013	0,117			
Fe	M	5	98	277,3	16,65	0,076	0,940	Ac.H0	5	88	45,70	6,760	-4,71	0,001	Rj.H0
(ppm)	F	5	97	263,2	16,22				5	116	130,7	11,43			
Mn	M	5	1846	58581,2	242,0	-0,89	0,395	Ac.H0	5	1998	321083	566,6	1,316	0,224	Ac.H0
(ppm)	F	5	2059	221701	470,8				5	1379	183862	428,8			
Cu	M	5	10	4,30	2,073	3,028	0,016	Rj.H0	5	10	9,00	3,000	1,177	0,273	Ac.H0
(ppm)	F	5	7	2,00	1,414				5	8	2,70	1,643			
Zn	M	5	66	394,0	19,85	-1,65	0,136	Ac.H0	5	115	96,7	9,833	-0,77	0,463	Ac.H0
(ppm)	F	5	91	760,7	27,58				5	124	468,5	21,64			
B	M	5	61	59,00	7,681	-155	0,158	Ac.H0	5	67	190,7	13,81	-1,15	0,280	Ac.H0
(ppm)	F	5	70	101,2	10,06				5	75	24,70	4,969			
Al	M	5	752	17320	131,6	-0,57	0,580	Ac.H0	5	608	30920	175,8	0,547	0,598	Ac.H0
(ppm)	F	5	808	28920	172,9				5	548	28120	170,6			

Obs.: M = masculinas; F = femininas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACARPA/EMATER. **Erva-mate, sementes, mudas e plantio**. Curitiba: ACARPA/EMATER, UFPR-EMBRAPA, 1984. (Folder).
- AGROPECUÁRIA Catarinense. Erva-mate: o Mercosul dispõe dessa exclusividade. **Agrop. Catarinense**, Florianópolis, v. 5, n. 4, p.24-30, dez. 1992.
- ALDRICH, S. R.. Plant analysis: problems and opportunities. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D.. **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. Cap. 14, p.213-221.
- ANSELMO, C.. Plantacion de yerba-mate. In: I CURSO DE CAPACITACION EN PRODUCCION DE YERBA MATE (1992: Cerro Azul). **Anais ...** Cerro Azul: INTA, Centro Regional Sul, Estacion Experimental Agropecuaria Cerro Azul, 1992. p.23-27
- ARANDA, D. **Área de distribución natural de la yerba mate**. Cerro Azul:INTA, Estacion Experimental Agropecuaria Misiones, 1986. (Miscelanea, 14).
- ARMSON, K. A.. **Soil and plant analysis techniques as diagnostic criteria for evaluating fertilizer needs and treatment response**. Upper Darby: USDA , Forest Service, 1973. p.155-166. (General Technical Report, NE-3).
- BAGGIO, A. J.; SCHREINER, H. G.. Erva-mate e agrossilvicultura, análise dos sistemas tradicionais e perspectivas. In: X SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE. (1983: Curitiba) **Anais ...** Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1985. p.71-74. (Documentos, 15).
- BASSON, W. D. *et al.* . An automated procedure for the determination of boron in plant tissue. **Analyst**, n.94, p.1135-1141, 1969.
- BATAGLIA, O. C.. Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. In: XVI REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO. (1988: Londrina). **Anais ...** . Londrina: EMBRAPA, IAPAR/SBCS, 1988. p.121-132.
- BAYENS, J. **Nutrición de las plantas de cultivo**. Madrid: Editorial Lemos, 1970. 631p.
- BELINGHERI, L. D.; PRAT KRICUN, S. D. Seleccin de plantas. In: I CURSO DE CAPACITACION EN PRODUCCION DE YERBA MATE. (1992: Cerro Azul). **Anais ...** Cerro Azul: INTA, Centro Regional Sul, Estacion Experimental Agropecuaria Cerro Azul, 1992. p.17-21.
- BELLOTE, A. F. J.; STURION, J. A. Deficiências minerais em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Resultados preliminares. In: X SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE. (1983: Curitiba). **Anais ...** Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1985. p.124-127. (Documentos, 15).

- BEVEGE, D.I. Wood yield and quality in relation to tree nutrition. In: BOWEN, G.D.; NAMBIAR, E.K.S. **Nutrition of plantation forests**. London: Academic Press, 1984. p.293-326
- BINKLEY, D. **Forest nutrition management**. New York: John Wiley & Sons., 1986. 290p.
- BOHNEN, R. *et al.* **Erva-mate**. Santa Maria: UFSM, Pró-Reitoria de Extensão, Centro de Ciências Rurais, Curso de Engenharia Florestal, 1982. 30p.
- BONNER, F. T. *Ilex L.* Holly. **Seed of woody plants in the United States**. Washington, D.C.: Forest Service U.S. Department of Agriculture, Handbook n. 450, p.450-453, 1974.
- BRAGAGNOLO, N.; PAN, W.; KOSLOWSKI FILHO, L. **Manual técnico de erva-mate**. Curitiba: Associação de Crédito Rural do Paraná, 1980. 40p.
- BURGER, D. **ANATRO computer-programme for stem analysis**. Curitiba: UFPR, 1979. Mimeografado.
- CAMPOS, M. A. A. **Balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*. Avaliação na safra e na safrinha**. Curitiba, 1991. 107p.. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- CARMEAN, W. H.. Forest site quality evaluation in the United States. **Advances in Agronomy**, n. 27, p.208-269, 1975.
- CARPANEZZI, A. A. *et al.* **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina**. Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1988. 113p. (Documentos, 21).
- CHRISTIN, O. **Fertilizacion de yerbales**. Santo Pipo: INTA, 1987. (Circular de Divulgación)
- COILE, T. S. Soil and the growth of forest. **Advances in Agronomy**, n.4, p.329-398, 1952.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: SBCS- Núcleo Regional Sul, 1994. 224p.
- COMISION TRIPARTITA PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION YERBATERA. **Fertilizacion de la yerba mate**. Argentina: Comision Tripartita para el incremento de la produccion yerbatera, s.d.. 6p. (Folheto).
- DA CROCE, D. M.. **Informações sobre a cultura da erva-mate em Santa Catarina. Catarina**. Chapecó: EPAGRI, 1992. 29p. (Apostila).
- _____; HIGA, A. R.; FLOSS, P. A. **Escolha de fontes de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) para Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 23p. (Boletim Técnico, 69).
- _____; NADAL, R. de. Viabilidade técnico-econômica de sistemas de produção de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) consorciada com culturas anuais. In: I CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO E VII CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. (1993: Curitiba). **Anais ...** . v.2. Curitiba: SBS, SBEF, 1993. p.403-407.

- DIJKSHOORN, W. The relation of growth to the chief ionic constituents of the plants. In: RORISON, I.H.. **Ecological aspects of mineral nutrition of plants**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p.201-213. 1969.
- DRAPER, N. K.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley & Sons., 1981. 270p.
- EDWIN, G.; REITZ, R. Aquifoliáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, I Parte: As Plantas, Fascículo: AQUÍ, dez. 1967. 47p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, EMBRAPA-SNLCS, 1979. 46p.
- _____. **Relatório de atividade 1978-82**. Curitiba: Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul, 1983. 232p.
- EMBRAPA/SNLCS. **Crítérios para distinção de classes de solos e fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, SNLCS, 1988.
- EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. New York: John Wiley & Sons., 1972. 412p.
- FAO. **Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1982. (Bulletin FAO, 48).
- FERNANDEZ DIAZ, C.; MORAWICKI, P.; RIVERA FLORES, S.; TRICIO, A. Bioecologia de *Gyropsylla spegazziniana* (LIZER, 1935) "rulo de la yerba mate". In: I REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE (1992: Porto Alegre). **Resumos ...**. Porto Alegre: FAPERGS, 1992. p.59.
- FERREIRA, A. G.; KASPARY, R.; FERREIRA, H. B.; ROSA, L. M. Proporção de sexo e polinização em *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Brasil Florestal**, n.53, p.29-33, jan-mar, 1983.
- FERREIRA, M.T.T. Erva-mate. In: **Grande manual Globo**, v.2, 3.ed., Globo, 1979. p.132-136.
- FERREIRA FILHO, J. C.. **Cultura e preparo de erva-mate**. 2. ed.. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura, 1957. 64p.
- FREESE, F. **Linear regression methods for forest research**. Madison: Forest Prod. Lab., 1964. 136p.
- GALVÃO, F. Micotrofia e nutrição das árvores. In: ANDRAE, F. H. **Ecologia florestal**. Santa Maria: UFSM, Centro Ciências Rurais, Depto. Ciências Florestais, 1978. p.139-146.
- GARCIA PAULA, R. D. **Novos estudos sobre o mate**. Rio de Janeiro: INT, 1968.
- GAUCH, H. G. **Inorganic plant nutrition**. New York: John Wiley & Sons., 1972. 488p.
- GIBERTI, G. C. *Ilex* en Sudamérica: florística, sistemática y potencialidades con relación a un banco de germoplasma para la yerba mate. In: WINGE, H.; FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. E. de A.; TARASCONI, L. C. org. **Erva-mate. Biología e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1995 (a). p.303-312.

- _____. Aspectos oscuros de la corologia de *Ilex paraguariensis* St. Hil.. In: WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E.de A.; TARASCONI, L. C.org. **Erva-mate. Biologia e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1995 (b). p.289-300.
- HILDEBRAND, C; REISSMANN, C. B.; HILDEBRAND, E. E.. **Manual de análise química do solo e foliar para técnico de laboratório**. Curitiba: UFPR-Setor de Ciências Agrárias, 1976. (mimeografado).
- IBDF. Erva-mate. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, n. 50, p.27-35. Agosto-Setembro 1980.
- IEDE, E. T.. Considerações sobre a entomofauna da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.).In:X SEMINÁRIO SOBRE PERSPECTIVAS FLORESTAIS; SILVICULTURA DA ERVA-MATE (1983: Curitiba). **Anais ...**. Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1985. p.111-117. (Documentos, 15).
- _____; MACHADO, D. C..Pragas da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) e seu controle. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 18/19, p.51-60, jun/dez. 1989.
- KHANNA, P. H.; ULRICH, B. Soil characteristics influencing nutrient supply in forest soils. In: BOWEN, G. D.; NAMBIAR, E. K. S.. **Nutrition of plantation forests**. London: Academic Press, 1984. p.79-117.
- KRAMER, P. J. Species differences with respect to water absorption at low soil temperatures. **American Journal of Botany**, n. 29, p.828-832, 1942.
- _____; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Goulbenkian, 1960. 745p.
- KUNIYOSHI, Y. S. **Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com araucária**. Curitiba, 1983. 233p.Dissertação(Mestrado)-Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Setor Ciências Agrárias, Universidade Federal do PR
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319p.
- LAVIGNE, M. de. Práticas atuais de cultivo em uso nos ervais comerciais de Matte Leão Reflorestamento Ltda..In:X SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE (1983:Curitiba) **Anais...**.Curitiba: EMBRAPA/ Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1985. p.58-59. (Documentos,15).
- LEAF, A. F. Plant analysis as an aid in fertilizing forests. In:WALSH, L. M.; BEATON, I.D. BEATON, I. D. **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. Cap. 25, p.427-454.
- LEITÃO, E. L. O mate. 2- Química do mate. **A Lavoura**, p.24-33, set/out. 1969.
- LEPREVOST, A.. **Química e tecnologia da erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hil.)**. Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná, 1987. 59p. (Boletim Técnico, 53).
- LESSING, P.C.. Reflorestamento com erva-mate. In: X SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE (1983: Curitiba). **Anais ...**.Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1985. p.53-57. (Documentos, 15).

- LEYTON, L. . The relation between the growth and mineral composition of the foliage of japanese larch (*Larix leptoleps* Murr.) . **Plant and Soil**, v. 2, n. 7, 167-177, janeiro, 1956.
- LINDER, S.; ROOK, D. A.. Effects of mineral nutrition on carbon dioxide exchange and partitioning of carbon in trees. In: BOWEN, G. D.; NAMBIAR, E. K. S.. **Nutrition of plantation forests**. London: Academic Press, 1984. p.211-236.
- LOUGHMANN, B. C.. The uptake of phosphate and its transport within the plant. In: RORISON, I. H.. **Ecological aspects of mineral nutrition of plant**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1969. p.309-322.
- MAGRAN, E.; PICCOLO, G. A.; PRAT KRICUN, S. D.. **Variación de la composicion floristica de un yerbal sometido a distintas practicas de manejo de suelo**. Resultados preliminares. Cerro Azul: INTA, 1983. 16p. (Nota Técnica, 34).
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- _____; KLIEMANN, H. J.. **Desordens nutricionais no Cerrado**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1985. 136p.
- _____; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A.de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira da Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARSHNER, H.. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 647p.
- MARTINS, R.. *Ilex mate*, chá sul-americano. Curitiba: Museu Paranaense, 1925. p.105-113.
- MATTOS, N. F.. Revisão taxonômica da erva-mate - *Ilex paraguariensis* St. Hil.. In: X SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE (1983: Curitiba). **Anais** Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1985. p. 37-46. (Documentos, 15).
- MAZUCHOWSKI, J. Z.. **Manual da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Curitiba: EMATER-Pr, 1989. 104p.
- MEAD, D.J.. Diagnosis of nutrient deficiencies in plantations. In: BOWEN, G.D.; NAMBIAR, E. K. S.. **Nutrition of plantation forests**. London: Academic Press., 1984. p.259-291.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A.. **Principles of plant nutrition**. 4. ed.. Bern: International Potash Institute, 1987. 728p.
- MILLER, E.. **Plant physiology with reference to the green plant**. 2. ed.. New York: McGraw-Hill, 1938. 1201p.
- MONTIBELLER, G.. **Alternativas de apoio ao setor ervateiro de Santa Catarina. Diagnóstico do setor e sugestões**. Florianópolis: Secretaria de Estado da Coordenação Geral e Planejamento, 1989. 23p.
- MOREIRA, C. S.; MALAVOLTA, E.; RODRIGUEZ, O.; SANCHEZ, A.C.; KOO, J. R. C. **Nutrição mineral e adubação - citrus**. São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa e do Fosfato, 1983. 122p. (Boletim Técnico).

- MULDER, E. G.. Nitrogen-magnesium relationships in crop plants. **Plant and Soil**. v.7, n.2, p.341-376, janeiro, 1956.
- MUNSON, R. D.; NELSON, W. J.. Principles and practices in plant analysis. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D.. **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1974. p.223-244.
- MUTINELLI, A.. **Biometria foliar de la yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil. var. *paraguariensis*)**. Cerro Azul: INTA, Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul, 1990. 16p. (Nota Técnica, 43).
- OLIVEIRA, Y. M. M.; ROTTA, E.. Área de distribuição natural da erva-mate. In: X SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE. (1983: Curitiba). **Anais ...**. Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1985. p.17-36. (Documentos, 15).
- PILBEAN, D. J.; KIRKBY, E. A.. Nitrate and ammonium utilization by plants. In: MENGEL, K.; PILBEAN, D. J.. **Nitrogen metabolism of plants**. Oxford: Clarendon Press., 1992. p.55-70.
- PRADO, H. do. **Manejo dos solos. Descrições pedológicas e suas implicações**. São Paulo: Nobel, 1991. 83p.
- PRAT KRICUN, S.D.. **Yerba mate. Investigación agronomica en la Republica Argentina** Cerro Azul: INTA, Estación Experimental Agropecuaria Misiones, 1983.
- _____. **Yerba mate, técnicas actualizadas de cultivo**. Cerro Azul: INTA, 1991. 15p. (Miscelanea, 27).
- _____; SWIER, R.. **Determinación del distanciamiento y disposición apropiada para la implantación de nuevos yerbales en la zona de Virasoro-Provincia de Corrientes**. Resultados preliminares. Cerro Azul: INTA, 1983. 21p. (Nota Técnica, 33).
- _____; BELINGHERI, L. D.. Aplicación de nitrogeno en plantaciones de yerba mate con diferentes densidades. In: I REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE. (1992: Porto Alegre). **Programas e Resumos ...**. Porto Alegre: FAPERGS, 1992. p.23.
- PRITCHETT, W. L.. **Properties and management of forest soils**. New York: John Willey & Sons., 1979. 500p.
- QUADROS, R. M. B.; REISSMANN, C. B.; RADOMSKI, M. I.. Comparação dos teores de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em ervais nativos sob condições de sombreamento e a céu aberto. In: I REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE. (1992: Porto Alegre). **Programas e Resumos ...**. Porto Alegre: FAPERGS, 1992. p.30.
- RADOMSKI, M. I.; REISSMANN, C. B.; QUADROS, R. M. B.. Comparação dos teores foliares de macro e micronutrientes em três plantios de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) a céu aberto. In: I REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE. (1992: Porto Alegre). **Programas e Resumos ...**. Porto Alegre: FAPERGS, 1992 (a). p.31.

- _____; SUGAMOSTO, M. L.; GIAROLA, N. F. B.; CAMPIOLO, S.. Avaliação dos teores de macro e micronutrientes em folhas jovens e velhas de erva-mate nativa. In: II CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS: CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. (1992: São Paulo). Anais ... **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. único, parte 2, 1992 (b). p.453-456.
- REISSMANN, C.B.. Der einfluß des zeitpunktes der blattprobennahme auf die konzentration der mikronährstoffe und des aluminiums in den blättern von *Ilex paraguariensis* St. Hil.. In: SYMPOSIUM MINERALSTOFFVERSORGUNG TROPISCHER WALDBÄUME. (1989: Bayreuth) **Zusammenfassung ...**. Bayreuth: Universität Bayreuth, 1991. p.137.
- _____; KOEHLER, C. W.; ROCHA, H. O. da; HILDEBRAND, E. E.. Avaliação das exportações de macronutrientes pela exploração da erva-mate. In: X SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE. (1983: Curitiba) **Anais ...**. Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1985. p.128-140.(Documentos, 15)
- _____; _____. Níveis foliares e exportação de micronutrientes pela exploração da erva-mate. **Rev. Setor Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 9, p.103-106, 1987.
- _____; PREVEDELLO, B. M. S.. Influência da calagem no crescimento e na composição química foliar da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: II CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS: CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. (1992: São Paulo). Anais ... **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. único, parte 4, 1992. p.625-629.
- _____; _____. QUADROS, R. M. B.; RADOMSKI, M. I.. Produção, níveis de Ca, Mg e Al foliares da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em função da calagem. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. CERRADO: FRONTEIRA AGRÍCOLA NO SÉCULO XXI. (1993: Goiânia) **Resumos ...** v. II. Goiânia: SBCS, 1993. p.23-24.
- _____; _____. TREVISAN, E.; BORN, R. H.. Suscetibilidade da erva-mate à clorose induzida pela calagem. **Rev. Setor Ciências Agrárias**, v. 11, n. 1-2, p.273-278, 1989/1991.
- _____; RADOMSKI, M.I.; QUADROS, R. M. B.. Relação entre os teores totais e a fração hidrossolúvel dos elementos K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn e Al em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Arq. Biol. Tecnol.**, v. 37, n. 4, p.959-971, dez. 1994.
- _____; ROCHA, H. O. da; KOEHLER, C. W.; CALDAS, R. L. S.; HILDEBRAND, E. E.. Bioelementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) sobre Cambissolos na região de Mandirituba-Pr. **Revista Floresta**, v. 14, n. 2, p.49-54, 1983.
- REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A.. **Madeiras do Brasil**. Santa Catarina. Florianópolis: Lunardelli, 1979. 320p.
- RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P.. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81p.

- RÜCKER, N. G. de A.. **Análise do agronegócio erva-mate**. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, Departamento de Economia Rural, 1995. 38p.
- SALAS, G. Factores edaficos y climaticos en la clasificación de sitios forestales. **Inderema**, n. 1, p.15-30. 1974.
- SANTA CATARINA/GAPLAN. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986.
- SCHENKEL, E.P. *et al.* Saponinas em espécies do gênero *Ilex*. In: WINGE, H.; FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. E. de A.; TARASCONI, L. C. Org.. **Erva-mate. Biologia e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Universidade/UFRGS, 1995. p.251-256.
- SCHLOSSMACHER NETO, L.. Viabilidade técnico-econômica da fertilização mineral e calagem na cultura da erva-mate. In: I SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS AGRO-FLORESTAIS NA REGIÃO SUL. (1994: Colombo) **Anais ...**. Colombo: EMBRAPA/ Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1994. p.223-230. (Documentos, 26).
- SCHNEIDER, C.. **Cultura da erva-mate na Hoppen Petry & Cia.Ltda. e Agropecuária Matelândia Ltda..** Bagé, 1983. 36p. Relatório (Estágio Prático Profissional). Curso de Agronomia, Faculdades Unidas de Bagé, Fundação Átila Taborda.
- _____; PETRY, G.. Aspectos da cultura da erva-mate na região de Erebangó, município de Getúlio Vargas-RS, em propriedade da Empresa Hoppen, Petry & Cia. Ltda.. In: X SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE. (1983:Curitiba) **Anais ...**. Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1985. p.64-70. (Documentos, 15).
- SCHREINER, H. G.. Associação de leguminosas com plantios florestais para cobertura e melhoramento do solo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 17, p.1-12, dez.1988.
- SCHUCH, S.L.C.; LAZZARI, A. L. F..Dados preliminares sobre a recuperação de ervais improdutivos através da prática da decepa. In: X SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE (1983:Curitiba) **Anais ...** Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1985. p.109-110. (Documentos, 15).
- SMITH, E. M.. Mineral analysis of plant tissue. **Annu. Rev. Plant Physiol.**, Palo Alto, v.13, p.81-108. 1962.
- SNEDECOR, G. W.. **Métodos estadísticos**. México: CECSA, 1966. 626p.
- SOSA, D.A.. Evaluación de la productividad del cultivo de yerba mate en relación al estado nutricional suelo/planta. In: I CURSO DE CAPACITACIÓN EN PRODUCCIÓN DE YERBA MATE (1992: Cerro Azul) **Anais ...**.Cerro Azul: INTA, Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul, 1992. p.61-64.
- STURION, J. A.. **Produção de mudas e implantação de povoamentos com erva-mate**. Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1988. 10p. (Circular Técnica, 17).

- SWITZER, G. L.; NELSON, L. E.. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation ecosystems: the first twenty years. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 36, n. 1, p.143-147. 1972.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H.. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5).
- TUCKER, T. C.; KURTZ, L. T.. A comparision of several chemical methods with the bio-assay procedure for extracting zinc form soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.19, n.4, p.477-481, 1955.
- VAN RAIJ, B.. **Avaliação da fertilidade do solo**. 3. ed.. Piracicaba, São Paulo: Associação Brasileira da Potassa e do Fósforo, 1987. 142p.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. I. R.; LIMA, J. C. A.. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124p.
- VETTORI, L.. **Métodos de análise de solos**. Curitiba: Ministério da Agricultura, 1969.24p.
- WELLS, G. C.; METZ, L. J.. Variation in nutrient content of loblolly pine needles with age, season, soil and position on the crown. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 27, n.1, p.90-93, 1963.
- ZAINKÓ, A.. A erva-mate, pesquisas e tecnologia. **Brasil Florestal**, v. 2, n.5, p.43-45,1971.
- ZANON, A.. **Produção de sementes de erva-mate**. Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1988. 7p.. (Circular Técnica, 16).
- ZÖTTL, H. W.. Diagnosis of nutritional disturbances in forest stands. In:INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST FERTILIZATION (1973: Paris) **Anais ...** . Paris: Ministère de L'Agriculture, 1973. p.75-95.
- _____; TSCHINKEL, H.. **Nutricion y fertilizacion forestal: una guia practica**. Medellin: Universidad Nacional de Colombia, Seccional de Medellin, Facultad de Ciencias Agricolas, Departamento de Recursos Forestales, Centro de Publicaciones de la Universidad, 1971. 111p.